

Docket No. 217812US2/btm



#4

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kouki ISOZAKI, et al.

GAU:

SERIAL NO: 10/032,069

EXAMINER:

FILED: December 31, 2001

FOR: HYBRID STEPPING MOTOR

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number [US App No], filed [US App Dt], is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

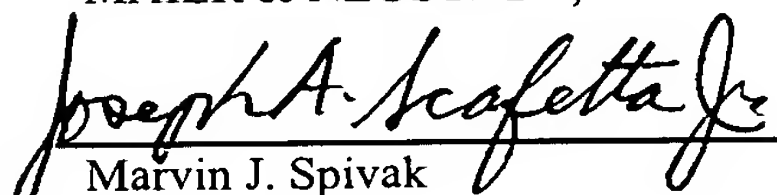
<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2001-000133	January 4, 2001
JAPAN	2001-369968	December 4, 2001

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
(B) Application Serial No.(s)
 - ☐ are submitted herewith
 - ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak
Registration No. 24,913

Joseph A. Scafetta, Jr.
Registration No. 26,803



22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/98)

10/032,269



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年12月 4日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-369968

[ST.10/C]:

[JP2001-369968]

出 願 人

Applicant(s):

日本サーボ株式会社

2002年 1月18日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3116597

【書類名】 特許願

【整理番号】 NS282

【提出日】 平成13年12月 4日

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

 【住所又は居所】 群馬県桐生市相生町 3 - 9 3 番地 日本サーボ株式会社
桐生工場内

 【氏名】 磯崎 弘毅

【発明者】

 【住所又は居所】 群馬県桐生市相生町 3 - 9 3 番地 日本サーボ株式会社
桐生工場内

 【氏名】 鶴木 洋治

【発明者】

 【住所又は居所】 群馬県桐生市相生町 3 - 9 3 番地 日本サーボ株式会社
桐生工場内

 【氏名】 菊地 範芳

【特許出願人】

 【識別番号】 000228730

 【氏名又は名称】 日本サーボ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100075797

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 斎藤 春弥

 【電話番号】 03-3663-0810

【選任した代理人】

 【識別番号】 100109575

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 高橋 陽介

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001- 133

【出願日】 平成13年 1月 4日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 057037

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005738

【包括委任状番号】 9804773

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ハイブリッド形ステッピングモータ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 環状磁性体の内周面から円中心に向く求心状に等ピッチで植設される 6 m 個の固定子磁極を備え、該固定子磁極は夫々の先端内周面に複数個等ピッチで形成された極歯を有し、該夫々の固定子磁極に励磁巻線が装着されている固定子と、

前記固定子磁極の極歯を形成している内周面と空隙を介して回転自在に軸支され、前記固定子側極歯に対応する回転子側極歯を有する 2 つの回転子磁極と、該 2 つの回転子磁極に挟持され、軸方向に着磁された円環状永久磁石とを有する回転子とを備えるインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータにおいて、

前記固定子磁極は、夫々の先端内周面に形成された極歯が磁極形状に対して線対称となる第 1 の磁極と、該第 1 の磁極と同数且つ同配設ピッチで該ピッチの $1/4$ だけ磁極先端内周面における同一周方向に偏位して極歯が形成される第 2 の磁極とを周方向に交互に備え、前記第 1 及び第 2 の磁極を備える固定子は軸方向に 2 分されて第 1 の固定子部及び第 2 の固定子部をなし、前記第 1 及び第 2 の固定子部において、夫々の前記第 1 の磁極と第 2 の磁極とが軸方向に連設するように構成され、

前記回転子は、夫々前記第 1 及び第 2 の固定子部の極歯を形成している内周面に空隙を介して対向する第 1 及び第 2 の回転子部を有し、該 2 つの回転子部は何れも、軸方向に着磁された永久磁石を介して同軸状に連設される第 1 及び第 2 の 2 つの回転子磁極を備え、該 2 つの回転子磁極がいずれも外周面に前記固定子側極歯数に対応する数の回転子側極歯を有し、双方の回転子側極歯が互いに回転子側極歯の配設ピッチの $1/2$ だけ偏位するように形成されており、該 2 つの回転子部が、互いに前記回転子側極歯配設ピッチの $1/4$ 偏位して非磁性体部材を介して軸方向に連設され、夫々前記第 1 及び第 2 の 2 つの固定子部と空隙を介して対向するように構成され、

回転子側極歯数 Z が、下式の関係を満足するように構成される 6 相 6 m 極のインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ。

$$Z = m (6n + 1) \text{ もしくは } Z = m (6n + 2)$$

但し、 $m \geq 1$ 、 $n \geq 1$ の整数とする。

【請求項 2】 環状磁性体の内周面から円中心に向く求心状に等ピッチで植設される $10m$ 個の固定子磁極を備え、該固定子磁極は夫々の先端内周面に複数個等ピッチで形成された極歯を有し、該夫々の固定子磁極に励磁巻線が装着されている固定子と、

前記固定子磁極の極歯を形成している内周面と空隙を介して回転自在に軸支され、前記固定子側極歯に対応する回転子側極歯を有する 2 つの回転子磁極と、該 2 つの回転子磁極に挟持され、軸方向に着磁された円環状永久磁石とを有する回転子とを備えるインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータにおいて、

前記固定子磁極は、夫々の先端内周面に形成された極歯が磁極形状に対して線対称となる第 1 の磁極と、該第 1 の磁極と同数且つ同配設ピッチで該ピッチの $1/4$ だけ磁極先端内周面における同一周方向に偏位して極歯が形成される第 2 の磁極とを周方向に交互に備え、前記第 1 及び第 2 の磁極を備える固定子は軸方向に 2 分されて第 1 の固定子部及び第 2 の固定子部をなし、前記第 1 及び第 2 の固定子部において、夫々の前記第 1 の磁極と第 2 の磁極とが軸方向に連設するように構成され、

前記回転子は、夫々前記第 1 及び第 2 の固定子部の極歯を形成している内周面に空隙を介して対向する第 1 及び第 2 の回転子部を有し、該 2 つの回転子部は何れも、軸方向に着磁された永久磁石を介して同軸状に連設される第 1 及び第 2 の 2 つの回転子磁極を備え、該 2 つの回転子磁極がいずれも外周面に前記固定子側極歯数に対応する数の回転子側極歯を有し、双方の回転子側極歯が互いに回転子側極歯の配設ピッチの $1/2$ だけ偏位するように形成されており、該 2 つの回転子部が、互いに前記回転子側極歯配設ピッチの $1/4$ 偏位して非磁性体部材を介して軸方向に連設され、夫々前記第 1 及び第 2 の 2 つの固定子部と空隙を介して対向するように構成され、

回転子側極歯数 Z が、下式の関係を満足するように構成される 10 相 $10m$ 極のインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ。

$$Z = m (10n + 2) \text{ もしくは } Z = m (10n + 3)$$

但し、 $m \geq 1$ 、 $n \geq 1$ の整数とする。

【請求項 3】 円筒状磁性体の円筒面から放射状に等ピッチで植設される $6m$ 個の固定子磁極を備え、該固定子磁極は夫々の先端外周面に複数個等ピッチで形成された極歯を有し、該夫々の固定子磁極に励磁巻線が装着されている固定子と、

前記固定子磁極の極歯を形成している外周面と空隙を介して回転自在に軸支され、前記固定子側極歯に対応する回転子側極歯を有する 2 つの回転子磁極と、該 2 つの回転子磁極に挟持され、軸方向に着磁された円環状永久磁石とを有する回転子とを備えるアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータにおいて、

前記固定子磁極は、夫々の先端外周面に形成された極歯が磁極形状に対して線対称となる第 1 の磁極と、該第 1 の磁極と同数且つ同配設ピッチで該ピッチの $1/4$ だけ磁極先端外周面における同一周方向に偏位して極歯が形成される第 2 の磁極とを周方向に交互に備え、前記第 1 及び第 2 の磁極を備える固定子は軸方向に 2 分されて第 1 の固定子部及び第 2 の固定子部をなし、前記第 1 及び第 2 の固定子部において、夫々の前記第 1 の磁極と第 2 の磁極とが軸方向に連設するように構成され、

前記回転子は、夫々前記第 1 及び第 2 の固定子部の極歯を形成している外周面に空隙を介して対向する第 1 及び第 2 の回転子部を有し、該 2 つの回転子部は何れも、軸方向に着磁された永久磁石を介して同軸状に連設される第 1 及び第 2 の 2 つの回転子磁極を備え、該 2 つの回転子磁極がいずれも内周面に前記固定子側極歯数に対応する数の回転子側極歯を有し、双方の回転子側極歯が互いに回転子側極歯の配設ピッチの $1/2$ だけ偏位するように形成されており、該 2 つの回転子部が、互いに前記回転子側極歯配設ピッチの $1/4$ 偏位して非磁性体部材を介して軸方向に連設され、夫々前記第 1 及び第 2 の 2 つの固定子部と空隙を介して対向するように構成され、

回転子側極歯数 Z が、下式の関係を満足するように構成される 6 相 $6m$ 極のアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ。

$$Z = m(6n + 1) \text{ もしくは } Z = m(6n + 2)$$

但し、 $m \geq 1$ 、 $n \geq 1$ の整数とする。

【請求項4】 円筒状磁性体の円筒面から放射状に等ピッチで植設される10m個の固定子磁極を備え、該固定子磁極は夫々の先端外周面に複数個等ピッチで形成された極歯を有し、該夫々の固定子磁極に励磁巻線が装着されている固定子と、

前記固定子磁極の極歯を形成している外周面と空隙を介して回転自在に軸支され、前記固定子側極歯に対応する回転子側極歯を有する2つの回転子磁極と、該2つの回転子磁極に挟持され、軸方向に着磁された円環状永久磁石とを有する回転子とを備えるアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータにおいて、

前記固定子磁極は、夫々の先端外周面に形成された極歯が磁極形状に対して線対称となる第1の磁極と、該第1の磁極と同数且つ同配設ピッチで該ピッチの1/4だけ磁極先端外周面における同一周方向に偏位して極歯が形成される第2の磁極とを周方向に交互に備え、前記第1及び第2の磁極を備える固定子は軸方向に2分されて第1の固定子部及び第2の固定子部をなし、前記第1及び第2の固定子部において、夫々の前記第1の磁極と第2の磁極とが軸方向に連設するように構成され、

前記回転子は、夫々前記第1及び第2の固定子部の極歯を形成している外周面に空隙を介して対向する第1及び第2の回転子部を有し、該2つの回転子部は何れも、軸方向に着磁された永久磁石を介して同軸状に連設される第1及び第2の2つの回転子磁極を備え、該2つの回転子磁極がいずれも内周面に前記固定子側極歯数に対応する数の回転子側極歯を有し、双方の回転子側極歯が互いに回転子側極歯の配設ピッチの1/2だけ偏位するように形成されており、該2つの回転子部が、互いに前記回転子側極歯配設ピッチの1/4偏位して非磁性体部材を介して軸方向に連設され、夫々前記第1及び第2の2つの固定子部と空隙を介して対向するように構成され、

回転子側極歯数Zが、下式の関係为满足するように構成される10相10m極のアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ。

$$Z = m(10n + 2) \text{ もしくは } Z = m(10n + 3)$$

但し、 $m \geq 1$ 、 $n \geq 1$ の整数とする。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれかに記載のインナロータ形又はアウトロータ形

タロータ形ハイブリッド形ステッピングモータにおいて、各固定子は所定形状寸法の磁極の先端部に、該磁極形状に対して線対称に極歯を形成した $h/2$ 個の磁極と、前記線対称に極歯を形成した磁極の極歯配設ピッチの $1/4$ だけ磁極先端周面における同一周方向に偏位させて極歯を形成した $h/2$ 個の磁極を交互に形成した磁性体板を所定枚数積層し、さらに前記磁性体板と同一形状に形成した磁性体板を $180^\circ/h$ 回転偏位して所定枚数積層して各積層体を固定し、巻線を巻き回して構成したインナロータ形又はアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ。

但し、 h は 6 m、10 m、の何れかの値とし、 m は 1 以上の整数とする。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のインナロータ形又はアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータにおいて、固定子の極歯形成ピッチ τS と回転子の極歯形成ピッチ τR とを下式の関係を満たすように形成したインナロータ形又はアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ。

$$0.75\tau R \leq \tau S \leq 1.25\tau R$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は回転電機の構造に係り、特にプリンタ、高速ファックス、PPC用複写機用等の高速運転で精密な位置決め機能等を必要とするOA機器に最適な高分解能で高精度のインナロータ形又はアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータの改良に関する。

【0002】

【従来の技術】

永久磁石形ステッピングモータに可変リラクタンス形ステッピングモータの構造を組み合わせたハイブリッド形ステッピングモータは、高精度、高トルク、小ステップ角が得られるが、例えば従来のインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ（以下モータと略称する）は図35、図36に示すような構造をしている。即ち、図35は従来のこの種のモータの一例の縦断正面図を示し、図36は図35のX-X'断面図を示している。

図 3 5、図 3 6 において、2 1 は円筒状のケーシングであって、ケーシング 2 1 は磁性体によって成型した固定子鉄心 2 2 と一体に結合されている。固定子鉄心 2 2 の内方向には、このモータの構造特性に対応した所定数の磁極 2 3 が等しい間隔で求心状に形成されている。各磁極 2 3 には磁極 2 3 夫々を磁化するための巻線 2 4 が嵌合されている。

また、各磁極 2 3 の先端部には、このモータの構造特性に対応した数の極歯 2 3 a が等しい間隔で形成されている。

一般に、固定子鉄心 2 2 と磁極 2 3 とは一枚の磁性体板からプレス打ち抜きにより成型し、成型板を所定枚数積層し、巻線 2 4 を嵌合して固定子を形成している。

【 0 0 0 3 】

ケーシング 2 1 の両端には、エンドプレート 2 5、2 6 が一体に結合されている。

エンドプレート 2 5、2 6 の中央部には夫々に軸受 2 7 a、2 7 b が嵌合され、1 対の軸受 2 7 a、2 7 b は回転子軸 2 8 を回転自在に支承している。

回転子軸 2 8 には、軸方向に着磁された永久磁石 2 9 が嵌合し、固定されている。永久磁石 2 9 は円盤状の 2 個の回転子磁極 3 0 A、3 0 B によって挟持されている。回転子磁極 3 0 A と 3 0 B 夫々の外周には、固定子の磁極 2 3 に形成した極歯 2 3 a の形状と間隔に対応させた形状と間隔で極歯 3 0 a を形成しており、第 1 の回転子磁極 3 0 A の極歯 3 0 a と第 2 の回転子磁極 3 0 B の極歯 3 0 a とは 1 / 2 ピッチ回転偏位して結合されている。

一般に、回転子の磁極も 1 枚の磁性体板からプレス打ち抜きにより成型し、成型板を所定枚数積層して回転子を形成している。

上述の構成のモータは固定子の巻線 2 4 に順次所定の順序で通電することによって、固定子の各極歯 2 3 a が順次回転磁化される。従って、この固定子の各極歯 2 3 a と永久磁石 2 9 によって磁化されている回転子の各極歯 3 0 a との相互作用により、固定子の各磁化される極歯 2 3 a の変動につれて回転子は回転し、また、停止する。

モータの相数等の条件によって、上述した固定子の磁極 2 3 の数と極歯 2 3 a

の数及び回転子の極歯 3 0 a の数は変化する。

【 0 0 0 4 】

図 3 7 は従来の 6 相モータの巻線をモノファイラ（ユニファイラ）巻にし、12 本のリード線を引き出した結線例を示している。

同図の上部に付した番号は固定子の所定の磁極巻線を 1 E とし、順次隣の磁極巻線に対して数値を 1 ずつ上げながら 2 4 E までの番号を付したものである。

このモータに対する励磁電流は、図 3 7 に示すように磁極巻線 1 E、1 3 E を同相に、7 E、1 9 E は逆相になるように直列接続した引出線 A、A' 間、磁極巻線 2 E、1 4 E を同相に、8 E、2 0 E は逆相になるように直列接続した引出線 B、B' 間、磁極巻線 3 E、1 5 E は同相に、磁極巻線 9 E、2 1 E は逆相になるように直列接続した引出線 C、C' 間、磁極巻線 4 E、1 6 E を同相に、1 0 E、2 2 E は逆相になるように直列接続した引出線 D、D' 間、磁極巻線 5 E、1 7 E を同相に、1 1 E、2 3 E は逆相になるように直列接続した引出線 E、E' 間、磁極巻線 6 E、1 8 E を同相に、1 2 E、2 4 E は逆相になるように直列接続した引出線 F、F' 間に夫々図 3 8 に示すように順次印加される。

図 3 8 は、図 3 7 に示した結線における 1 相励磁の場合の励磁シーケンス例を示している。

図 3 8 において、縦方向には励磁電流を流入させる図 3 7 に示した引出線の符号を示し、上部の横方向には励磁ステップを示している。

【 0 0 0 5 】

同図に示す各横方向の欄に示す上側の矩形は、その引出線に対して所定方向に電流を流すことを示し、下側の矩形は、その引出線の上記とは反対方向に電流を流すことを示している。

同図において、図 3 7 に示した引出線 A から引出線 A' に向けて電流を流す状態をステップ 1 とすると、次のステップ 2 には、引出線 B から引出線 B' に向けて電流を流すようにする。以下順次ステップ 6 まで電流を流し、ステップ 7 においては引出線 A' から引出線 A の方向に電流を流す。以下順次同様に各引出線に電流を供給して固定子の各磁極を励磁する。

従って、各固定子の磁極に順次現れる磁気極性が変動し、対応する回転子の磁

極（極歯）を吸引するので、モータの回転子軸 2 8 は回転する。

【0 0 0 6】

また、図 3 9 は従来構造の 1 0 相モータの巻線をモノファイラ（ユニファイラ）巻にした状態の結線例を、図 4 0 は図 3 9 に示す 1 0 相モータのモノファイラ巻きでの 1 相励磁の場合の励磁シーケンス例を示している。読み方は前述した図 3 7、図 3 8 と同一である。

上述したステッピングモータの基本特性であるステップ角 θ_s は、下記（1）式によって決定される。

$$\theta_s = 180^\circ / (M \times Z) \dots \dots \dots (1)$$

但し、（1）式に示す M は固定子の相数、Z は回転子の極歯の数である。

【0 0 0 7】

上述したインナロータ形モータは、回転子（ロータ）がモータの中心にあって固定子とその周囲に構成されている。これに対して、アウトロータ形モータは固定子をモータの中心に配置し、回転子（ロータ）をその周囲に構成させており、そのために回転機構等の構造は異なるが、トルクを発生する基本構成はインナロータ形モータと同様である。

このアウトロータ形モータに関し、上述したインナロータ形の図 3 5 及び図 3 6 に対応する具体的構成は図 4 1（縦断正面図）、図 4 2（図 4 1 の X-X' 断面図）に示す通りである。図 4 1 及び図 4 2 において、1 0 1 は固定子支持体で、筒状をなし、図示しない固定部材に支持される。1 0 2 は固定子鉄心で、前記固定子支持体 1 0 1 に固定され、周囲に複数の固定子磁極 1 0 2 a を備えている。この固定子磁極 1 0 2 a の外周面には極歯 1 0 2 b が形成されている。1 0 3 は巻線で、各磁極 1 0 2 a には巻線 1 0 3 が巻回される。

なお、図 4 2 では、この巻線 1 0 3 を象徴化して表示され、各巻線に示した符号 × と符号 ・ については、符号 × は紙面の上方から下方に、符号 ・ は紙面の下方から上方に向けて電流を流すという意味で示している。

1 0 4 は回転子ケーシングで、環状部 1 0 4 a と側平面部 1 0 4 b から形成されている。1 0 5 は回転子軸で、前記回転子ケーシング 1 0 4 の側平面部 1 0 4 b の内方中心部に一端が固定され、軸受 1 0 6 を介して前記固定子支持体 1 0 1

の内周面に回転自在に支持される。107は永久磁石で、両側面にそれぞれ回転子磁極108a、108bを接合し、この回転子磁極108a、108bの内周面には、上記固定子磁極102aの極歯102bに対向する位置にそれぞれ1/2ピッチ位相を異にする極歯108c、108dが形成されている。

なお、以下の説明においてはインナロータ形モータにおいて各種実施の形態を説明し、アウトロータ形モータについては、上述の説明に準じて実施可能につきその説明を省略する。

【0008】

シンクロナスインドักションモータについては、米国特許第3206623号公報に開示のものがある。

同公報に記載のシンクロナスインドักションモータは、巻線を嵌合し、先端部に等間隔で極歯を設けた磁極を、内部に向けて求心状に形成した環状の電極構造体である2個の同一構造である固定子と、軸方向に着磁した永久磁石及びこの永久磁石の両側において、外周に等間隔で極歯を設けたエンドキャップ（磁極板）を回転子軸に設け、相互の磁氣的結合を遮蔽した2個の同一構造の回転子とを対向して構成し、さらに永久磁石の両側に形成したエンドキャップ（磁極板）同士の極歯の相互位置関係は極歯の1/2ピッチ相当をずらしている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

上述した、ステップ角 θ_s は1相の巻線に順次通電し励磁した場合に得られる回転角度であって、そのモータの構造によって決定される。

従って、分解能が高く制御性能の良いモータを得ようとする、ステップ角を微小にすることが必要である。

ところで、上述のような、従来の構成によるモータ（ハイブリッド形ステッピングモータ）のステップ角 θ_s は、前述したように（1）式によって示されるので、ステップ角 θ_s を小さくしようとする、相数Mを多くするか、回転子の極歯の数Zを多くしなければならない。例えば、極歯の数を50とすると、2相のモータ（ハイブリッド形ステッピングモータ）の場合のステップ角 θ_s は、上記（1）式から

$$\theta_S = 180^\circ / 2 \times 50 = 1.8^\circ \text{ となり、}$$

3 相のモータの場合のステップ角 θ_S は、

$$\theta_S = 180^\circ / 3 \times 50 = 1.2^\circ \text{ となり、}$$

5 相のモータの場合のステップ角は、

$$\theta_S = 180^\circ / 5 \times 50 = 0.72^\circ \text{ となる。}$$

【0 0 1 0】

ところで、回転子は一般に前述したようにプレス打ち抜きにより成型しているので、回転子の極歯数はプレス型の精度能力等の工作技術によって決まる。従って、極歯の数は無制限に多くすることはできず、100 枚位が上限である。

また、相数を多くした場合、6 相モータを得るには24 極の固定子磁極、10 相モータを得るには40 極の固定子磁極が夫々必要となる。このように磁極が多くなると必然的にスロット面積が小さくなるので、小型のモータを得るには巻線の断面積、即ち、銅量が多くとれないという問題があるほか、巻線工程に複雑な作業を必要とすると共に加工工数が多くなって製造原価が高くなるという問題があった。

そのために、5 相モータが小型ハイブリッド形ステッピングモータの実用上の限界であった。従って分解能は、5 相モータで極歯の数を100 とした場合の前述した(1)式により下記演算によって得られるように、ステップ角 θ_S は0.36 度が限界であった。

$$\theta_S = 180^\circ / 5 \times 100 = 0.36^\circ$$

【0 0 1 1】

上述した0.36 度以上の分解能を得るには、マイクロステップ駆動を行う必要がある。しかしながら、マイクロステップ駆動によると、回転子の静止位置は各相に流す電流の相対値で決まるため、各巻線に供給する電流値のばらつき、スイッチング素子の特性のばらつき等によって、分解能の精度向上は困難であった。また、マイクロステップ駆動のためには、複雑な駆動回路が必要であって高価になるという問題があった。

また、米国特許第3206623号公報に開示のものは、図35、図36によって、前述した従来のステッピングモータと類似構造をした2組の同一構造の固

定子と回転子とを単に軸方向に連結したシンクロナスインドクシヨンモータであって、従来のシンクロナスインドクシヨンモータよりも大なるトルク（2倍のトルク）を得ようとするものである。本技術を適用したモータはステッピングモータと同様にパルス電源による駆動も可能であるが、分解能が低く精度の良い回転を得ることはできない。

上述した従来の技術の説明ではインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータの構造例によって、その問題点について説明したが、アウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータについても、同様の問題点が存在する。

更に、従来のインナロータ形又はアウトロータ形のハイブリット形ステッピングモータは、回転子の極歯数を如何に決定するか of 適切な演算式がなく、製作したモータのうちいくつかは所望の特性が得られず歩留まりの点において不充分であった。

本発明は従来のものの上記課題（問題点）を解決し、磁極数を増大しないで多相化を可能にし、よって、回転子の極歯数を、固定子の特定の相数及び磁極数に応じて特定な関係式に保つことを条件に、モータのサイズを大きくすることなく、また、複雑な駆動回路を形成しないで、高分解能で高精度のモータ（ステッピングモータ）を提供することを目的とする。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

本発明に基づくハイブリッド形ステッピングモータは、請求項 1 に記載のものでは、環状磁性体の内周面から円中心に向く求心状に等ピッチで植設される 6 m 個の固定子磁極を備え、該固定子磁極は夫々の先端内周面に複数個等ピッチで形成された極歯を有し、該夫々の固定子磁極に励磁巻線が装着されている固定子と、前記固定子磁極の極歯を形成している内周面と空隙を介して回転自在に軸支され、前記固定子側極歯に対応する回転子側極歯を有する 2 つの回転子磁極と、該 2 つの回転子磁極に挟持され、軸方向に着磁された円環状永久磁石とを有する回転子とを備えるインナロータ形ハイブリット形ステッピングモータにおいて、

前記固定子磁極は、夫々の先端内周面に形成された極歯が磁極形状に対して線対称となる第 1 の磁極と、該第 1 の磁極と同数且つ同配設ピッチで該ピッチの 1

／4 だけ磁極先端内周面における同一周方向に偏位して極歯が形成される第2の磁極とを周方向に交互に備え、前記第1及び第2の磁極を備える固定子は軸方向に2分されて第1の固定子部及び第2の固定子部をなし、前記第1及び第2の固定子部において、夫々の前記第1の磁極と第2の磁極とが軸方向に連設するように構成され、

前記回転子は、夫々前記第1及び第2の固定子部の極歯を形成している内周面に空隙を介して対向する第1及び第2の回転子部を有し、該2つの回転子部は何れも、軸方向に着磁された永久磁石を介して同軸状に連設される第1及び第2の2つの回転子磁極を備え、該2つの回転子磁極がいずれも外周面に前記固定子側極歯数に対応する数の回転子側極歯を有し、双方の回転子側極歯が互いに回転子側極歯の配設ピッチの1／2だけ偏位するように形成されており、該2つの回転子部が、互いに前記回転子側極歯配設ピッチの1／4偏位して非磁性体部材を介して軸方向に連設され、夫々前記第1及び第2の2つの固定子部と空隙を介して対向するように構成され、

回転子側極歯数 Z が、下記(2)式を満足するように構成される6相6 m 極のインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータとなるように構成した。

$$Z = m(6n + 1) \text{ もしくは } Z = m(6n + 2) \cdots (2)$$

但し $m \geq 1$ 、 $n \geq 1$ の整数とする。

【0013】

また、請求項2に記載の発明では、請求項1に記載の発明の6相6 m 極に代え10相10 m 極とし、回転子側極歯数 Z が下記(3)式を満足するようにインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータとなるように構成した。

$$Z = m(10n + 2) \text{ もしくは } Z = m(10n + 3) \cdots (3)$$

但し、 $m \geq 1$ 、 $n \geq 1$ 整数とする。

また、請求項3、4に記載のアウタロータ形ハイブリッド形ステッピングモータは、夫々請求項1、2に記載のインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータの回転子を円筒状の固定子の外方に配する構成とした。

【0014】

また、請求項5に記載のインナロータ形又はアウタロータ形ハイブリッド形ス

テッピングモータは、請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のインナロータ形又はアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータにおいて、各固定子は所定形状寸法の磁極の先端部に、該磁極形状に対して線対称に極歯を形成した $h/2$ 個の磁極と、前記線対称に極歯を形成した磁極の極歯配設ピッチの $1/4$ だけ同一周方向に偏位させて極歯を形成した $h/2$ 個の磁極を交互に形成した磁性体板を所定枚数積層し、さらに前記磁性体板と同一形状に形成した磁性体板を $180^\circ/h$ 回転偏位して所定枚数積層して各積層体を固定し、巻線を巻き回して構成した。

但し、 h は 6 m、10 m の何れかの値とし、 m は 1 以上の整数とする。

【0015】

さらに、請求項 6 に記載のインナロータ形又はアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータは、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のインナロータ形又はアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータにおいて、固定子の極歯形成ピッチ τS と回転子の極歯形成ピッチ τR とを下式 (4) 式の関係を満たすように形成した。

$$0.75\tau R \leq \tau S \leq 1.25\tau R \dots\dots\dots (4)$$

【0016】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。

各実施形態の構成図において、従来の技術で図 35、36 によって示したものと相当の構成要素は同一の符号を使用し、その詳細な説明は省略する。

実施の形態 1：

図 1 は本発明に基づき形成した 6 相 6 極モータ（インナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ）の縦断正面図を、図 2 は図 1 の X-X' 断面を示している。

図 1、図 2 において、1 は円筒状のケーシングであって、その内周面に固定子 S_1 の固定子鉄心 2 を一体的に結合している。

固定子 S_1 は固定子鉄心 2 部の内方向に、このモータの構造特性に対応した 6 個の磁極 $3a_1 \sim 3a_6$ が等しい間隔角度で求心状に形成されていて、各磁極 $3a$

$1 \sim 3 a_6$ には詳細を後述するように電流を流して所定の方に順次磁化するための巻線 $4 a_1 \sim 4 a_6$ が巻き回されている。

図 2 において、各巻線 $4 a_1 \sim 4 a_6$ は象徴化して表示され、各巻線に示した符号 \times と符号 \cdot については、符号 \times は紙面の上方から下方に、符号 \cdot は紙面の下方から上方に向けて電流を流すという意味で示している。

また、各磁極 $3 a_1 \sim 3 a_6$ の先端部には詳細を後述するように、磁極の中心線に対して線対称に設けた極歯 $3 k_1$ と同一方向に極歯ピッチの $1/4$ 偏位させて形成させた極歯 $3 k_1$ とが軸方向にほぼ 2 分して形成され、6 個の磁極の内 1 個おきの 3 個の磁極 $3 a_1, 3 a_3, 3 a_5$ と他の 1 個おきの 3 個の磁極 $3 a_2, 3 a_4, 3 a_6$ とは夫々同一形状であるが、隣接する磁極相互には 2 種の磁極の配設側を交差させている。上述した磁極及び極歯の各間隔角度は、所定の半径上では、その円周面におけるピッチに比例する。円形モータの場合、寸法間隔は計測する半径の位置で変化するが、角度は変化しないので、以降磁極の間隔等の表示は角度によって行い、間隔をピッチと称して説明する。

【 0 0 1 7 】

ケーシング 1 の両端にはエンドプレート 5、6 が一体に結合されている。

エンドプレート 5、6 の中央部には夫々に軸受 $7 a, 7 b$ が嵌合され、1 対の軸受 $7 a, 7 b$ は回転子軸 8 を回転自在に支承している。

回転子軸 8 には、固定子の半分に対向させた位置に固定子 S_1 の内面との間に所定間隙をあけて第 1 の単位回転子 $R A_1$ が結合されており、固定子の他の半分に對向させた位置に固定子 S_1 の内面との間に所定間隙をあけて第 2 の単位回転子 $R B_1$ が結合されている。上述した第 1 の単位回転子 $R A_1$ と第 2 の単位回転子 $R B_1$ との間には所定幅の環状に形成した非磁性体 11 を介在させている。

第 1 の単位回転子 $R A_1$ 及び第 2 の単位回転子 $R B_1$ は同一構造であって、2 個の回転子磁極 $10 A_1, 10 B_1$ が夫々回転子軸 8 の軸方向に着磁された永久磁石 9 を挟持し固定されている。

2 個の回転子磁極 $10 A_1$ と $10 B_1$ 夫々の外周には固定子の各磁極に形成した極歯 $3 k_1$ の形状とピッチに対応させた所定の形状とピッチで極歯 $10 a_1$ を形成している。

後述するように、第 1 の回転子磁極 $10A_1$ の極歯 $10a_1$ と第 2 の回転子磁極 $10B_1$ の極歯 $10a_1$ とは極歯 $10a_1$ を形成したピッチの $1/2$ 偏位させて結合させ、第 1 の単位回転子 RA_1 と第 2 の単位回転子 RB_1 とは、極歯 $10a_1$ を形成するピッチの $1/4$ 偏位して結合されている。

【0018】

次に、図 3 を参照して固定子の作成方法の例を説明する。

固定子は環状の固定子鉄心 2 の内部に、先端部に所定数の極歯 $3k_1$ を等ピッチ τS_1 で磁極の中心線に対して線対称に形成した同一形状の磁極 P_{1-A} と、先端部に磁極 P_{1-A} と同一形状で同一個数の極歯 $3k_1$ を等ピッチ τS_1 で極歯ピッチの $1/4$ 、即ち、 $\tau S_1/4$ だけ極歯 $3k_1$ を形成している円周に沿う一定方向に偏位させて形成した同一形状の磁極 P_{1-B} とを交互に各 3 個、総計で 6 個求心状に形成した磁性材板（以下固定子鉄板と称す） SP_1 を所定枚数極歯が重なるように積層して固定子 S_1 の片側半分を構成する。従って、上述した相互に隣接する磁極 P_{1-A} と磁極 P_{1-B} との間隔角度 θS_1 は $360^\circ/6$ 、即ち 60 度に形成されている。

次に、上記の構成体に対して磁極のピッチ、即ち 60 度回転偏位させて、上述と同一形状に形成した固定子鉄板 SP_1 を上記と同枚数、又はほぼ同枚数、極歯が重なるように積層して固定子 S_1 の残り片側半分を構成する。

固定子 S_1 は前述したように非磁性体 11 を挟んで形成した 2 個の単位回転子 RA_1 、 RB_1 に対向させるように形成するので、各単位回転子 RA_1 、 RB_1 が夫々確実に固定子 S_1 の片側半分に対向するように構成できるなら、半分ずつを同一枚数にする必要はない。

夫々の固定子鉄板 SP_1 はプレスによる打ち抜き加工によって作成すれば良く、各回転子を構成する回転子磁極 $10A_1$ 、 $10B_1$ も所定形状の磁性材板をプレスによって打ち抜いた後、所定枚数重ねて構成すれば良い。

【0019】

上述の方法によって形成された固定子の磁極部の構造を、図 4 (A)、(B) によって説明する。

図 4 (A) には固定子 S_1 を形成する所定の磁極 $3a_1$ 、 $3a_3$ 、 $3a_5$ の内の一

つを示し、図 4 (B) には図 4 (A) に示した磁極 $3 a_1$ 、 $3 a_3$ 、 $3 a_5$ の内の一つに隣接した磁極 $3 a_2$ 、 $3 a_4$ 、 $3 a_6$ の内の一つを示している。

固定子 S_1 は前述したように形成しているので、図 4 (A) に示す固定子 S_1 の各磁極 $3 a_1 \sim 3 a_6$ は、所定数の極歯 $3 k_1$ を磁極に対して線対称に備えた半分 P_{1-A} と同一個数の極歯 $3 k_1$ を、極歯ピッチの $1/4$ だけ固定子極歯 $3 k_1$ が形成されている円周面において同一方向に偏位させて備えた半分 P_{1-B} によって形成されている。

即ち、磁極の P_{1-A} 部には極歯が磁極に対して対称に、磁極の P_{1-B} 部には極歯が磁極に対して非対称に形成されている。

一方、図 4 (B) に示す磁極は図 4 (A) に示した磁極とは反対側に磁極に対して線対称に所定数の極歯 $3 k_1$ を備え、他の半分には極歯 $3 k_1$ を極歯ピッチの $1/4$ 偏位されて備えている。

【 0 0 2 0 】

図 5 は回転子の極歯 $1 0 a_1$ の位置関係を拡大して示している。図 5 に示した条件においては、永久磁石 9 の着磁方向によって、第 1 の単位回転子 $R A_1$ の第 1 の回転子磁極 $1 0 A_1$ の極歯 $1 0 a_1$ と第 2 の単位回転子 $R B_1$ の第 1 の回転子磁極 $1 0 A_1$ の極歯 $1 0 a_1$ とは N 極に、第 1 の単位回転子 $R A_1$ の第 2 の回転子磁極 $1 0 B_1$ の極歯 $1 0 a_1$ と第 2 の単位回転子 $R B_1$ の第 2 の回転子磁極 $1 0 B_1$ の極歯 $1 0 a_1$ とは S 極に着磁されている。

各磁極に設けた極歯 $1 0 a_1$ のピッチは同一であるが、このピッチを τR_1 とすると、第 1 の回転子磁極 $1 0 A_1$ の極歯 $1 0 a_1$ と第 2 の回転子磁極 $1 0 B_1$ の極歯 $1 0 a_1$ との間隔角度は、第 1 の単位回転子 $R A_1$ と第 2 の単位回転子 $R B_1$ とも $\tau R_1/2$ 、第 1 の単位回転子 $R A_1$ の第 1 の回転子磁極 $1 0 A_1$ の極歯 $1 0 a_1$ と第 2 の単位回転子 $R B_1$ の第 1 の回転子磁極 $1 0 A_1$ の極歯 $1 0 a_1$ との間隔角度及び第 1 の単位回転子 $R A_1$ の第 2 の回転子磁極 $1 0 B_1$ の極歯 $1 0 a_1$ と第 2 の単位回転子 $R B_1$ の第 2 の回転子磁極 $1 0 B_1$ の極歯 $1 0 a_1$ との間隔角度はいずれも $\tau R_1/4$ に形成する。

【 0 0 2 1 】

図 6、図 7、図 8 の各図には、本モータを構成する固定子と回転子夫々の極歯

の前述した (4) 式に示した相互関係を分解して示している。

即ち、図 6 は固定子の極歯 $3 k_1$ の形成ピッチ τS_1 と回転子の極歯 $1 0 a_1$ の形成ピッチが下記の (4-1) 式

$$\tau R_1 = \tau S_1 \cdots (4-1)$$

によって示される条件の場合、固定子の極歯 $3 k_1$ と回転子の極歯 $1 0 a_1$ の相関は次のように表される。

$$\theta S_1 = n \tau R_{1-1} + \tau R_{1-1} / 4 \pm \alpha_{1-1} \cdots \cdots (5-1)$$

但し、 θS_1 は固定子ピッチ角度を、 τR_{1-1} は回転子の極歯ピッチを、 α_{1-1} は固定子の極歯 $3 k_1$ と回転子の極歯 $1 0 a_1$ とのズレ角度を、 n は 1 以上の整数を夫々示す。

【0 0 2 2】

ところで、6 相 6 極の場合は 1 2 ステップで回転子磁極が 1 ピッチ移動するので隣接した固定子磁極 (図では $3 a_{1-2}$) に対するズレは $\alpha_{1-1} = (1 / 1 2) \tau R_{1-1}$ でなければならない。また固定子極数は 6 極であるので $\theta s_1 = 2 \pi / 6$ と表される。従って (4-1) 式は

$$2 \pi / 6 = n \tau R_{1-1} + \tau R_{1-1} / 4 \pm \tau R_{1-1} / 1 2 \cdots \cdots (5-2)$$

ここで、 τR_{1-1} はロータの磁極のピッチであるから $\tau R_{1-1} = 2 \pi / Z$ と表せる。

但し、 Z は回転子の極歯数を示している。

従って、

$$2 \pi / 6 = n (2 \pi / Z) + (1 / 4) (2 \pi / Z) \pm (1 / 1 2) (2 \pi / Z) \cdots \cdots (5-3)$$

の関係が得られる。

今、(5-3) 式を整理すると、

$$Z = 6 n + 1 \text{ 又は } 6 n + 2 \cdots \cdots (5-4)$$

なお、(5-4) 式は (2) 式において $m = 1$ に相当する。

の関係が得られる。

【0 0 2 3】

同様に 6 相 1 2 極の場合は、極歯の位置関係は図 6 と同じであるが固定子の磁

極位置は $\theta S_1 = 2\pi / 12$ と表せる。従って 6 相 12 極の場合は、

$$2\pi / 12 = n\tau R_{1-1} + \tau R_{1-1} / 4 \pm \tau R_{1-1} / 12 \dots \dots \dots (6-1)$$

の関係が得られる。

ここで $\tau R_{1-1} = 2\pi / Z$ と表せるので、

$$Z = 12n + 2 \text{ 又は } Z = 12n + 4 \dots \dots \dots (6-2)$$

の関係が得られる。

なお、(6-2) 式は (2) 式において $m = 2$ に相当する。

同様に 10 相 10 極の場合は、図 6 の磁極位置 θs_1 を $\theta s_1 = 2\pi / 10$ に置きかえることにより求められる。また、10 相の場合 20 ステップで回転子磁極が 1 ピッチ移動するので $\alpha_{1-1} = \tau R_{1-1} / 20$ と表される。従って、

$$2\pi / 10 = n\tau R_{1-1} + \tau R_{1-1} / 4 \pm \tau R_{1-1} / 20 \dots \dots \dots (7-1)$$

の関係が得られる。

ここで $\tau R_{1-1} = 2\pi / Z$ と表されるので

$$Z = 10n + 2 \text{ 又は } Z = 10n + 3 \dots \dots \dots (7-2)$$

の関係が得られる。

なお、(7-2) 式は (3) 式において $m = 1$ に相当する。

【0024】

同様に 10 相 20 極の場合は、図 6 の磁極位置 θs_1 を $\theta s_1 = 2\pi / 20$ と置きかえることにより求められる。また、20 ステップで回転子磁極が 1 ピッチ移動するので $\alpha_{1-1} = \tau R_{1-1} / 20$ である。従って、

$$2\pi / 20 = n\tau R_{1-1} + \tau R_{1-1} / 4 \pm \tau R_{1-1} / 20 \dots \dots \dots (8-1)$$

ここで $\tau R_{1-1} = 2\pi / Z$ と表されるので

$$Z = 20n + 4 \text{ 又は } Z = 20n + 6 \dots \dots \dots (8-2)$$

の関係が得られる。

なお、(8-2) 式は (3) 式において $m = 2$ に相当する。

【0025】

図 7 は固定子の極歯の形成ピッチ τS_1 と回転子の極歯の形成ピッチ τR_1 とが下記 (4-2) 式によって示される条件の場合、図 8 は固定子の極歯の形成ピッチ τS_1 と回転子の極歯の形成ピッチ τR_1 とが (4-3) 式によって示される条件の

1

[illegible]

図6、図7、図8の各図において、 $3a_{1-1}$ は固定子 S_1 を形成する磁極部 $3a$

1

前述したように、非対称に形成された極歯は対称に形成された極歯に対して極ピッチの $1/4$ 偏位しており、第1の単位回転子の極歯と第2の単位回転子の歯とは極歯ピッチの $1/4$ 偏位しているので、図から明らかなように、固定子極の極歯と回転子の極歯との関係位置はいずれの半分においても等しくなる。

10

1

、 $360^\circ / 6$ であり、(5-4)式で示したように下記(9)式で示される条件の場合、 α_{1-1} は $\tau R_{1-1} / 12$ になる。

$$Z_{1-1} = 6n + 1 \text{ もしくは } Z_{1-1} = 6n + 2 \dots \dots \dots (9)$$

但し、 Z_{1-1} は各回転子磁極の極歯の数、 n は1に等しいか1よりも大なる整数である。

【0027】

図7は、6相6極の場合における(4-2)式の条件における状態を示す図で、同図において、 $10A_{1-2}$ は第1の単位回転子 RA_{1-2} 及び第2の単位回転子 RB_{1-2} 夫々の第1の回転子磁極、 $10B_{1-2}$ は第1の単位回転子 RA_{1-2} 及び第2の単位回転子 RB_{1-2} 夫々の第2の回転子磁極を示していて、 N は永久磁石9によって N 極に着磁された極歯、 S は永久磁石9によって S 極に着磁された極歯を夫々示している。

固定子は図6と同一条件なので θS_1 は固定子の磁極のピッチ、 τS_1 は固定子の極歯のピッチを夫々示し、 τR_{1-2} は回転子の極歯のピッチを示している。

この場合、 $\tau S_1 < \tau R_{1-2}$ となる。

また、 α_{1-2} は固定子の所定の磁極の極歯と回転子の極歯の位置が一致した状態で、隣接する固定子の磁極の上記と相当する位置の極歯と回転子の極歯との間隔角度を示している。従って、本実施の形態に示す6相6極モータの固定子の磁極のピッチ θS_1 は、 $360^\circ / 6$ であり、(5-4)式で示したように下記(10)式で示される条件の場合、 α_{1-2} は $\tau R_{1-2} / 12$ になる。

$$Z_{1-2} = 6n + 1 \text{ もしくは } Z_{1-2} = 6n + 2 \dots \dots \dots (10)$$

但し、 Z_{1-2} は各回転子磁極の極歯の数、 n は1に等しいか1よりも大なる整数である。

【0028】

図8は、6相6極の場合における(4-3)式の条件における状態を示す図で、同図において、 $10A_{1-3}$ は第1の単位回転子 RA_{1-3} 及び第2の単位回転子 RB_{1-3} 夫々の第1の回転子磁極、 $10B_{1-3}$ は第1の単位回転子 RA_{1-3} 及び第2の単位回転子 RB_{1-3} 夫々の第2の回転子磁極を示していて、 N は永久磁石9によって N 極に着磁された極歯、 S は永久磁石9によって S 極に着磁された極歯を夫

々示している。

固定子は図 6 と同一条件なので θS_1 は固定子の磁極のピッチ、 τS_1 は固定子の極歯のピッチを夫々示し、 τR_{1-3} は回転子の極歯のピッチを示している。この場合は、 $\tau S_1 > \tau R_{1-3}$ となる。

また、 α_{1-3} は固定子の所定の磁極の極歯と回転子の極歯の位置が一致した状態で、隣接する固定子の上記と相当する位置の極歯と回転子の極歯との間隔角度を示している。従って、本実施の形態に示す 6 相 6 極モータの固定子の磁極のピッチ θS_1 は、 $360^\circ / 6$ であり、(4-1) 式で示したように下記 (11) 式で示される条件の場合、 α_{1-3} は $\tau R_{1-3} / 12$ になる。

$$Z_{1-3} = 6n + 1 \text{ もしくは } Z_{1-3} = 6n + 2 \dots\dots\dots (11)$$

但し、 Z_{1-3} は各回転子磁極の極歯の数、 n は 1 に等しいか 1 よりも大なる整数である。

【0029】

図 9 に示す表 1 は、本実施の形態のモータにおいて、上述した n を 1 から変化させた条件における各回転子磁極の極歯の歯数 (Z で示す) と、このモータのステップ角との関係を示す図表である。

同図において、歯数 Z が $6n + 1$ の場合と $6n + 2$ の場合において、夫々 n を 1 から順次増加した場合のステップ角を縦方向に示している。

【0030】

図 10 は、本実施の形態におけるモノファイラ巻線の接続状態を示している。同図において、 A 、 A' は巻線 $4a_1$ の引出線、 D 、 D' は巻線 $4a_2$ の引出線、 B 、 B' は巻線 $4a_3$ の引出線、 E 、 E' は巻線 $4a_4$ の引出線、 C 、 C' は巻線 $4a_5$ の引出線、 F 、 F' は巻線 $4a_6$ の各引出線であって、これらの各端子に駆動用の励磁電流出力回路が接続される。

【0031】

次に、上述した構成のモータの駆動作用を図 11、図 12 によって説明する。

図 11 において、横軸には動作ステップの流れ (シーケンス) をステップ 1 からステップ 15 まで示し、ステップ 16 以降の図示を省略している。

縦方向には前述した各引出線 (A 、 $A' \sim F$ 、 F') を示し、各引出線を示す

横軸には、各ステップに対応させてパルス電流を供給するタイミングを四辺形で示している。

各引出線（A、A' ～ F、F'）を示す横線の上側に記す四辺形は、例えば引出線Aから引出線A'へ、各引出線を示す横線の下側に記す四辺形は、逆に、引出線A'から引出線Aへ電流を流すことを示している。

即ち、図11に示すように、各引出線に順次パルス電流を流すことによって、このモータは前述したステップ角（1/12ピッチ）ずつ回転する。

【0032】

図12は上述した実施の形態に基づくモータの前述した（4-1）式に記した条件である固定子の極歯のピッチ τS_1 と回転子の極歯のピッチ τR_1 が等しい場合の固定子と回転子との位置関係を示す展開図で、横方向には左から右に向けて順次固定子の磁極部 $3a_1$ 、 $3a_2$ 、 $3a_3$ 、 $3a_4$ 、 $3a_5$ 、 $3a_6$ 及び $3a_1$ を再度示している。

図12は縦方向には、図11に示したステップに対応してステップ1からステップ4までを示し、ステップ5以降は図示を省略している。

各ステップには、図6に示した磁極を備えた固定子全体を展開して示していて、上段から、各磁極の片半分部、即ち、 $3a_{1-1}$ 、 $3b_{1-2}$ 、 $3a_{1-3}$ 、 $3b_{1-4}$ 、 $3a_{1-5}$ 、 $3b_{1-6}$ 、 $3a_{1-1}$ 、第1の単位回転子 RA_1 の第1の回転子磁極 $10A_1$ 、第1の単位回転子 RA_1 の第2の回転子磁極 $10B_1$ 、上述した各磁極の他の片半分部、即ち、 $3b_{1-1}$ 、 $3a_{1-2}$ 、 $3b_{1-3}$ 、 $3a_{1-4}$ 、 $3b_{1-5}$ 、 $3a_{1-6}$ 、 $3b_{1-1}$ 、第2の単位回転子 RB_1 の第1の回転子磁極 $10A_1$ 、第2の単位回転子 RB_1 の第2の回転子磁極 $10B_1$ を示している。

上述した $3a_{1-1}$ 乃至 $3a_{1-6}$ は極歯が磁極に対して線対称に配設された磁極部、 $3b_{1-1}$ 乃至 $3b_{1-6}$ は極歯が磁極に対して非線対称に配設された磁極部である。

また、Nは、N極に着磁された極歯、Sは、S極に着磁された極歯を夫々示していて、モータの回転状況を示すために、回転子の所定の極歯の極性Nを○で囲んで示している。

【0033】

今、図11に示したように、ステップ1において、引出線Aから引出線A'に

向けて電流を流すと、固定子の磁極 $3 a_1$ が S 極に励磁される。従って、第 1 の単位回転子 $R A_1$ と第 2 の単位回転子 $R B_1$ 両方の第 1 の回転子磁極 $1 0 A_1$ の近接する磁極である N 極の極歯が吸引される。ステップ 1 においては、固定子の極歯と回転子の極歯との間の関係位置は下記のようなになる。

即ち、固定子の磁極 $3 a_1$ に隣接する磁極 $3 a_2$ の極歯と近接する回転子の N 極の極歯との間隔角度 α_{2-1} は $\tau R_1 / 12$ 、固定子の磁極 $3 a_2$ に隣接する磁極 $3 a_3$ の極歯と近接する回転子の S 極の極歯との間隔角度 α_{3-1} は $2 \tau R_1 / 12$ 、固定子の磁極 $3 a_3$ に隣接する磁極 $3 a_4$ の極歯と近接する回転子の S 極の極歯との間隔角度 α_{4-1} は $3 \tau R_1 / 12$ 、固定子の磁極 $3 a_4$ に隣接する磁極 $3 a_5$ の極歯と近接する回転子の N 極の極歯との間隔角度 α_{5-1} は $4 \tau R_1 / 12$ 、固定子の磁極 $3 a_5$ に隣接する磁極 $3 a_6$ の極歯と近接する回転子の N 極の極歯との間隔角度 α_{6-1} は $5 \tau R_1 / 12$ 、固定子の磁極 $3 a_6$ に隣接する磁極 $3 a_1$ の極歯と近接する回転子の S 極の極歯との間隔角度 α_{7-1} は $6 \tau R_1 / 12$ である。

ステップ 2 以降においては、ステップ 1 で励磁した磁極 $3 a_1$ と励磁する磁極以外の図示は省略する。

【 0 0 3 4 】

ステップ 2 において、引出線 D から引出線 D' に向けて電流を流すと、固定子の磁極 $3 a_2$ が S 極に励磁される。従って、第 1 の回転子磁極 $1 0 A_1$ と第 2 の単位回転子 $R B_1$ の両方の第 1 の回転子磁極 $1 0 A_1$ の近接する磁極である N 極の極歯が吸引される。ステップ 1 で固定子の磁極 $3 a_1$ に吸引されていた第 1 の単位回転子 $R A_1$ の第 1 の回転子磁極 $1 0 A_1$ の所定の極歯と固定子の磁極 $3 a_1$ の対応した極歯との間隔角度 β は $\tau R_1 / 12$ になる。この $\tau R_1 / 12$ がステップ角である。

【 0 0 3 5 】

ステップ 3 において、引出線 B' から引出線 B に向けて電流を流すと、固定子の磁極 $3 a_3$ は N 極に励磁される。従って、第 1 の単位回転子 $R A_1$ と第 2 の単位回転子 $R B_1$ の両方の第 2 の回転子磁極 $1 0 B_1$ のモータが、さらに 1 ステップ角回転するので、ステップ 1 で固定子の磁極 $3 a_1$ に吸引されていた第 1 の単位回転子 $R A_1$ の第 1 の回転子磁極 $1 0 A_1$ と固定子の磁極 $3 a_1$ との間隔角度 β は

$2\tau R_1/12$ になる。

ステップ4において、引出線E'から引出線Eに向けて電流を流すと、固定子の磁極 $3a_4$ はN極に励磁される。従って、第1の単位回転子 RA_1 と第2の単位回転子 RB_1 の両方の第2の回転子磁極 $10B_1$ のS極である極歯が吸引される。

モータが、さらに1ステップ角回転するので、ステップ1で固定子の磁極 $3a_1$ に吸引されていた第1の単位回転子 RA_1 の第1の回転子磁極 $10A_1$ の所定の極歯と固定子の磁極 $3a_1$ に対応した極歯との間隔角度 β は $3\tau R_1/12$ になる。即ち、ステップが進むごとにステップ角 $\tau R_1/12$ ずつ回転する。

以降、上述と同様に、図11に示したステップを循環し繰り返すことによってモータはステップ角である $\tau R_1/12$ ずつ回転を継続する。

【0036】

実施の形態2：

次に、本発明を6相12極モータ（インナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ）に適用した実施の形態2を図13乃至図19によって実施の形態1をも参照して説明する。

各図において、実施の形態1で示した要素機能に相当する要素機能は同一符号を付すか符号のサフィックスを変えて記し、詳細説明は省略する。

図13は6相12極モータの縦断正面図、図14は図13のX-X'断面を示している。

図13、図14において、 S_2 は固定子であって、固定子鉄心2の内方向に12個の磁極 $3b_1$ 乃至 $3b_{12}$ が等しい角度間隔で求心状に形成されていて、実施の形態1同様、各磁極は交互に極歯の形成位置を交差させている。

即ち、各磁極の先端部には、所定の数の極歯 $3k_2$ が等しいピッチで形成されていて、磁極 $3b_1$ 、 $3b_3$ 、 $3b_5$ 、 $3b_7$ 、 $3b_9$ 、 $3b_{11}$ には、極歯を磁極に対して線対称に設けた半分と非対称に設けた半분을軸方向に形成し、磁極 $3b_2$ 、 $3b_4$ 、 $3b_6$ 、 $3b_8$ 、 $3b_{10}$ 、 $3b_{12}$ には、上記の磁極とは反対並びに磁極に対して線対称に設けた半分と非対称に設けた半분을設けている。

上記各磁極には巻線 $4b_1$ 乃至 $4b_{12}$ が巻き回されている。

【0037】

回転子軸 8 には、固定子 S_2 の内面との間に所定間隙をあけて第 1 の単位回転子 RA_2 が結合されており、固定子 S_2 の他の半分に対向させた位置に固定子 S_2 の内面との間に所定間隙をあけて第 2 の単位回転子 RB_2 が結合されている。上述した第 1 の単位回転子 RA_2 と第 2 の単位回転子 RB_2 との間には所定幅の環状に形成した非磁性体 11 を介在させている。

第 1 の単位回転子 RA_2 及び第 2 の単位回転子 RB_2 は同一構造であって、2 個の回転子磁極 $10A_2$ 、 $10B_2$ が夫々回転子軸 8 の軸方向に着磁された永久磁石 9 を挟持し固定されている。

2 個の回転子磁極 $10A_2$ と $10B_2$ 夫々の外周には、固定子の各磁極に形成した極歯 $3k_2$ の形状とピッチに対応させた所定の形状とピッチで極歯 $10a_2$ を形成している。各極歯 $10a_2$ の位置関係は、実施の形態 1 と同様、また、後述するように、第 1 の回転子磁極 $10A_2$ の極歯 $10a_2$ と第 2 の回転子磁極 $10B_2$ の極歯 $10a_2$ とは、極歯 $10a_2$ を形成したピッチの $1/2$ 偏位させて結合させ、第 1 の単位回転子 RA_2 と第 2 の単位回転子 RB_2 とは、極歯 $10a_2$ を形成したピッチの $1/4$ 偏位して結合されている。

【0038】

次に、図 15、図 16 を参照して固定子の作成方法の例を説明する。

図 15 に示すように、固定子は環状の固定子鉄心 2 の内部に、先端部に所定数の極歯 $3k_2$ を等ピッチ τS_2 で磁極の中心線に対して線対称に形成した同一形状の磁極 P_{2-A} と、先端部に磁極 P_{2-A} と同一形状同一個数の極歯 $3k_2$ を等ピッチ τS_2 で極歯ピッチの $1/4$ 、即ち、 $\tau S_2/4$ 偏位させて形成した同一形状の磁極 P_{2-B} とを交互に各 6 個、総計で 12 個求心状に形成した磁性材板（以下固定子鉄板と称す） SP_2 を所定枚数極歯が重なるように積層して固定子 S_2 の片側半分を構成する。

従って、上述した相互に隣接する磁極 P_{2-A} と磁極 P_{2-B} との間隔角度 θS_2 は $360^\circ / 12$ 即ち 30 度に形成されている。

次に、上記の構成体に対して磁極のピッチ、即ち 30 度回転し偏位させて、上述と同一形状に形成した固定子鉄板 SP_2 を上記と同枚数、又はほぼ同枚数、極歯が重なるように積層して固定子 S_2 の残り片側半分を構成する。

上述した固定子 S_2 は非磁性体 1 1 を挟んで形成した 2 個の単位回転子に対向させるように形成するので、各単位回転子が夫々確実に固定子の片半分に対向するように構成できるなら、半分ずつを同一枚数にする必要はない。

夫々の固定子鉄板はプレスによる打ち抜き加工によって作成すれば良く、各回転子を構成する回転子磁極も所定形状の磁性材板をプレスによって打ち抜いた後所定枚数重ねて構成すれば良い。

【 0 0 3 9 】

上述の方法によって形成された固定子の磁極部の構造を図 1 6 (A)、(B) に示している。

即ち、図 1 6 (A) には図 1 4 に示す固定子 S_2 を形成する極歯が対称位置に配置された所定の磁極 $3b_1$ 、 $3b_3$ 、 $3b_5$ 、 $3b_7$ 、 $3b_9$ 、 $3b_{11}$ の内の一つ例えば $3b_1$ を示し、図 1 6 (B) には図 1 6 (A) に示す、前記磁極の内の一つに隣接し極歯が非対称に配置された磁極 $3b_2$ 、 $3b_4$ 、 $3b_6$ 、 $3b_8$ 、 $3b_{10}$ 、 $3b_{12}$ の内の一つ例えば $3b_2$ を示している。

固定子 S_2 は実施の形態 1 同様、図 1 6 (A) に示す固定子 S_2 の各磁極は、所定数の極歯 $3k_2$ を磁極に対して線対称に設けた半分 P_{2-A} と極歯 $3k_2$ を極歯ピッチの $1/4$ 偏位させて磁極に対して非対称に設けた半分 P_{2-B} とによって形成されている。

一方、図 1 6 (B) に示す磁極は、磁極に対して線対称に極歯 $3k_2$ を設けた半分 P_{2-A} と、磁極を極歯ピッチの $1/4$ 偏位させて非対称に設けた半分 P_{2-B} を図 1 6 (A) に示した磁極とは反対側に形成している。

【 0 0 4 0 】

図 1 7 は回転子を形成する各回転子磁極の極歯の関係を拡大して示している。

図 1 7 においては、永久磁石 9 の着磁方向によって、第 1 の単位回転子 RA_2 の第 1 の回転子磁極 $10A_2$ の極歯 $10a_2$ と第 2 の単位回転子 RB_2 の第 1 の回転子磁極 $10A_2$ の極歯 $10a_2$ とは N 極に、第 1 の単位回転子 RA_2 の第 2 の回転子磁極 $10B_2$ の極歯 $10a_2$ と第 2 の単位回転子 RB_2 の第 2 の回転子磁極 $10B_2$ の極歯 $10a_2$ とは S 極に着磁されている。

また、各回転子の磁極に設けた極歯 $10a_2$ のピッチを τR_2 とすると、第 1 の

回転子磁極 $10A_2$ の極歯 $10a_2$ と第 2 の回転子磁極 $10B_2$ の極歯 $10a_2$ との間隔角度は $\tau R_2/2$ 、第 1 の単位回転子 RA_2 の第 1 の回転子磁極 $10A_2$ の極歯 $10a_2$ と第 2 の単位回転子 RB_2 の第 1 の回転子磁極 $10A_2$ の極歯 $10a_2$ との間隔角度、及び第 1 の単位回転子 RA_2 の第 2 の回転子磁極 $10B_2$ の極歯 $10a_2$ と第 2 の単位回転子 RB_2 の第 2 の回転子磁極 $10B_2$ の極歯 $10a_2$ との間隔角度は、いずれも $\tau R_2/4$ に形成する。

【 0 0 4 1 】

上記構造の固定子と回転子との各極歯構成は、実施の形態 1 に示した (4-1) 式、(4-2) 式、(4-3) 式に対して本実施の形態を対応させて、符号 τR_1 を τR_2 に、符号 τS_1 を τS_2 に変換させた下記 (12-1) 式、(12-2) 式、(12-3) 式夫々の条件において、図 6、図 7、図 8 を参照して固定子の磁極に形成する極歯と回転子磁極に形成する極歯との関係が示される。

$$\tau R_2 = \tau S_2 \cdots \cdots \cdots (12-1)$$

$$0.75\tau R_2 \leq \tau S_2 < \tau R_2 \cdots \cdots \cdots (12-2)$$

$$\tau R_2 < \tau S_2 \leq 1.25\tau R_2 \cdots \cdots \cdots (12-3)$$

【 0 0 4 2 】

即ち、固定子と回転子との各極歯の相互位置関係は、実施の形態 1 について図 6、図 7、図 8 によって説明した状況と同一なので図示は省略するが、図 6、図 7、図 8 に示した各符号を、固定子の所定の磁極の極歯対称部 $3a_{1-1}$ 、 $3a_{1-2}$ を夫々 $3a_{2-1}$ 、 $3a_{2-2}$ に、極歯非対称部 $3b_{1-1}$ 、 $3b_{1-2}$ を夫々 $3b_{2-1}$ 、 $3b_{2-2}$ に、固定子の磁極のピッチ $\theta S_1 = 360^\circ/6$ を $\theta S_2 = 360^\circ/12$ に、固定子の極歯のピッチ τS_1 を τS_2 に、第 1 の単位回転子 RA_{1-1} 、 RA_{1-2} 、 RA_{1-3} を夫々 RA_{2-1} 、 RA_{2-2} 、 RA_{2-3} に、第 2 の単位回転子 RB_1 を RB_2 に、第 1 の回転子磁極 $10A_{1-1}$ 、 $10A_{1-2}$ 、 $10A_{1-3}$ を夫々 $10A_{2-1}$ 、 $10A_{2-2}$ 、 $10A_{2-3}$ に、回転子の極歯のピッチ τR_{1-1} 、 τR_{1-2} 、 τR_{1-3} を夫々 τR_{2-1} 、 τR_{2-2} 、 τR_{2-3} に、固定子の所定の磁極の極歯と回転子の極歯の位置が一致した状態で、隣接する固定子の極歯と回転子の極歯との間隔角度 α_{1-1} 、 α_{1-2} 、 α_{1-3} を α_{2-1} 、 α_{2-2} 、 α_{2-3} に、夫々置換することによって、そのまま利用できる。

【 0 0 4 3 】

本実施の形態に示す 6 相 1 2 極モータにおいては、固定子の極歯と回転子の極歯とのピッチの関係が (12-1) 式で示される場合、回転子磁極の極歯の数を (2) 式において、 $m=2$ とした下記 (1 3) 式で示される条件を満足させると、固定子の所定の磁極で、この磁極の極歯と回転子の極歯とを一致させた場合に隣接する固定子の磁極の極歯と回転子の極歯との間の間隔角度 α_{2-1} は $\tau R_{2-1} / 12$ になる。

$$Z_{2-1} = 12n + 2 \quad \text{もしくは} \quad Z_{2-1} = 12n + 4 \cdots \cdots (13)$$

但し、 Z_{2-1} は各回転子磁極の極歯の数、 n は 1 に等しいか 1 よりも大なる整数である。

また、固定子の極歯と回転子の極歯とのピッチの関係が (12-2) 式で示される場合、回転子磁極の極歯の数を (2) 式において $m=2$ とした下記 (1 4) 式で示される条件を満足させると、固定子の所定の磁極で、この磁極の極歯と回転子の極歯とを一致させた場合に隣接する固定子の磁極の極歯と回転子の極歯との間の間隔角度 α_{2-2} は $\tau R_{2-2} / 12$ になる。

$$Z_{2-2} = 12n + 2 \quad \text{もしくは} \quad Z_{2-2} = 12n + 4 \cdots \cdots (14)$$

但し、 Z_{2-2} は各回転子磁極の極歯の数、 n は 1 に等しいか 1 よりも大なる整数である。

【 0 0 4 4 】

また、固定子の極歯と回転子の極歯とのピッチの関係が (12-3) 式で示される場合、回転子磁極の極歯の数を (2) 式において $m=2$ とした、下記 (1 5) 式で示される条件を満足させると、固定子の所定の磁極で、この磁極の極歯と回転子の極歯とを一致させた場合に隣接する固定子の磁極の極歯と回転子の極歯との間の間隔角度 α_{2-3} は $\tau R_{2-3} / 12$ になる。

$$Z_{2-3} = 12n + 2 \quad \text{もしくは} \quad Z_{2-3} = 12n + 4 \cdots \cdots (15)$$

但し、 Z_{2-3} は各回転子磁極の極歯の数、 n は 1 に等しいか 1 よりも大なる整数である。

【 0 0 4 5 】

図 1 8 に示す表 2 に、本実施の形態のモータにおいて、上述した n を 1 から変

化させた条件における各回転子磁極の極歯の歯数（ Z で記す）と、このモータのステップ角との関係を示している。

即ち、歯数 Z が $12n+2$ の場合と $12n+4$ の場合において、夫々 n を1から順次増加した場合のステップ角を縦方向に示している。

図19は、本実施の形態におけるモノファイラ巻線の接続状態を示している。図19において、 A 、 A' は巻線 $4b_1$ と巻線 $4b_7$ とを直列接続した回路の引出線、以下、同様に D 、 D' は巻線 $4b_2$ と巻線 $4b_8$ とを、 B 、 B' は巻線 $4b_3$ と巻線 $4b_9$ とを、 E 、 E' は巻線 $4b_4$ と巻線 $4b_{10}$ とを、 C 、 C' は巻線 $4b_5$ と巻線 $4b_{11}$ とを、 F 、 F' は巻線 $4b_6$ と巻線 $4b_{12}$ とを夫々直列接続した回路の引出線であって、これらの各端子に駆動用のパルス出力回路が接続される。

【0046】

上述した構成のモータの駆動は、実施の形態1で図11によって示したフローと同一のフローによって実行される。従って、その動作は実施の形態1の説明で図12に示した展開図に上述した段落33乃至44の説明を参照して固定子の磁極を6極分追加し、回転子の磁極の位置を固定子の磁極の位置に対応させて記載することによって同様に示され、図11に示したフローに従って、各引出線に順次パルス電流を供給するごとにステップ角である $\tau R_2/12$ ずつ歩進し回転を継続する。

【0047】

実施の形態3：

次に、本発明を10相10極モータ（インナロータ形ハイブリッド形ステップモータ）に適用した実施の形態を図20乃至図27によって説明する。

実施の形態1、実施の形態2で6相6極モータ又は6相12極モータについて説明した内容を10相10極モータに転換して容易に理解できる事項については、その図示説明は省略する。また、実施の形態1で示した要素機能に相当する要素機能は同一符号を付すか符号のサフィックスを変えて示し、詳細説明は省略する。

動作については、例えば、各巻線に対する駆動電流の印加による働き等は磁極を展開した図6、図7、図8等を参照し、磁極や極歯のピッチ等に対応させてス

テップ角の違いを理解すれば良い。

【 0 0 4 8 】

図 2 0 は 1 0 相 1 0 極モータの縦断正面図、図 2 1 は図 2 0 の X - X' 断面を示している。

図 2 0、図 2 1 において、 S_3 は後述する磁極の回転子軸方向の $1/2$ 、又はほぼ $1/2$ の幅単位で極歯を極歯形成ピッチの $1/4$ 偏位させた固定子である。

固定子 S_3 は固定子鉄心 2 の内方向に 1 0 個の磁極 $3c_1$ 乃至 $3c_{10}$ が等しい角度間隔で求心状に形成されていて、各磁極は交互に極歯の形成位置を交差させている。

即ち、各磁極の先端部には所定の数の極歯 $3k_3$ が等しいピッチで形成されていて、磁極 $3c_1$ 、 $3c_3$ 、 $3c_5$ 、 $3c_7$ 、 $3c_9$ には、極歯を磁極に対して線対称に設けた半分と非対称に設けた半분을軸方向に形成し、磁極 $3c_2$ 、 $3c_4$ 、 $3c_6$ 、 $3c_8$ 、 $3c_{10}$ には、上記の磁極とは反対並びに磁極に対して線対称に設けた半分と非対称に設けた半분을設けている。

なお、上記各磁極には、巻線 $4c_1$ 乃至 $4c_{10}$ が巻き回されている。

【 0 0 4 9 】

回転子軸 8 には、固定子 S_3 の内面との間に所定間隙をあけて第 1 の単位回転子 RA_3 が結合されており、固定子 S_3 の他の半分に対向させた位置に固定子 S_3 の内面との間に所定間隙をあけて第 2 の単位回転子 RB_3 が結合されている。上述した第 1 の単位回転子 RA_3 と第 2 の単位回転子 RB_3 との間には所定幅の環状に形成した非磁性体 1 1 を介在させている。

第 1 の単位回転子 RA_3 及び第 2 の単位回転子 RB_3 は同一構造であって、2 個の回転子磁極 $10A_3$ 、 $10B_3$ が夫々回転子軸 8 の軸方向に着磁された永久磁石 9 を挟持し、固定されている。

2 個の回転子磁極 $10A_3$ と $10B_3$ 夫々の外周には、固定子の各磁極に形成した極歯 $3k_3$ の形状とピッチに対応させた所定の形状とピッチで極歯 $10a_3$ を形成している。各極歯 $10a_3$ の位置関係は、後述するように第 1 の回転子磁極 $10A_3$ の極歯 $10a_3$ と第 2 の回転子磁極 $10B_3$ の極歯 $10a_3$ とは、極歯 $10a_3$ を形成したピッチの $1/2$ 偏位させて結合させ、第 1 の単位回転子 RA_3 と第 2

の単位回転子 RB_3 とは、極歯 $10a_3$ を形成したピッチの $1/4$ 偏位して結合されている。

【0050】

図22によって、10相10極モータに適用する固定子の作成方法の例を説明する。

固定子は環状の固定子鉄心2の内部に、先端部に所定数の極歯 $3k_3$ を等ピッチ τS_3 で磁極の中心線に対して線対称に形成した同一形状の磁極 P_{3-A} と、先端部に磁極 P_{3-A} と同一形状、同一個数の極歯 $3k_3$ を等 τS_3 ピッチで極歯ピッチの $1/4$ 即ち、 $\tau S_3/4$ 偏位させて形成した同一形状の磁極 P_{3-B} とを交互に各5個、総計で10個求心状に形成した磁性材板（以下固定子鉄板と称す） SP_3 を所定枚数極歯が重なるように積層して固定子 S_3 の片側半分を構成する。従って、上述した相互に隣接する磁極 P_{3-A} と磁極 P_{3-B} との間隔角度 θS_3 は $360^\circ/10$ 即ち36度に形成されている。

次に、上記の構成体に対して磁極のピッチ、即ち36度回転し偏位させて、上述と同一形状に形成した固定子鉄板 SP_3 を上記と同枚数、又はほぼ同枚数、極歯が重なるように積層して固定子 S_3 の残り片側半分を構成する。

固定子 S_3 は実施の形態1又は実施の形態2同様、また、後述するように非磁性体11を挟んで形成した2個の単位回転子に対向させるように形成するので、各単位回転子が夫々確実に固定子の片半分に対向するように構成できるなら、半分ずつを同一枚数にする必要はない。

夫々の固定子鉄板はプレスによる打ち抜き加工によって作成すれば良く、各回転子を構成する回転子磁極も所定形状の磁性材板をプレスによって打ち抜いた後所定枚数重ねて構成すれば良い。

【0051】

上述の方法によって形成された固定子の磁極部の構造は、図23（A）、（B）のように構成されている。

即ち、図23（A）に示す固定子 S_3 の磁極は、所定数の極歯 $3k_3$ を磁極に対して線対称に設けた半分 P_{3-A} と極歯 $3k_3$ を極歯ピッチの $1/4$ 偏位させ磁極に対して非対称に設けた半分 P_{3-B} とによって形成されている。

一方、同図（B）に示す磁極は、磁極に対して線対称に極歯 $3k_3$ を設けた半分 P_{3-A} と、磁極を極歯ピッチの $1/4$ 偏位させて非対称に設けた半分 P_{3-B} を同図（A）に示した磁極とは反対側に形成している。

【0052】

図24は回転子を形成する各回転子磁極の極歯の関係を拡大して示している。

図24においては、永久磁石9の着磁方向によって、第1の単位回転子 RA_3 の第1の回転子磁極 $10A_3$ の極歯 $10a_3$ と第2の単位回転子 RB_3 の第1の回転子磁極 $10A_3$ の極歯 $10a_3$ とはN極に、第1の単位回転子 RA_3 の第2の回転子磁極 $10B_3$ の極歯 $10a_3$ と第2の単位回転子 RB_3 の第2の回転子磁極 $10B_3$ の極歯 $10a_3$ とはS極に着磁されている。

また、各回転子の磁極に設けた極歯 $10a_3$ のピッチを τR_3 とすると、第1の回転子磁極 $10A_3$ の極歯 $10a_3$ と第2の回転子磁極 $10B_3$ の極歯 $10a_3$ との間の間隔角度は $\tau R_3/2$ 、第1の単位回転子 RA_3 の第1の回転子磁極 $10A_3$ の極歯 $10a_3$ と第2の単位回転子 RB_3 の第1の回転子磁極 $10A_3$ の極歯 $10a_3$ との間隔角度、及び第1の単位回転子 RA_3 の第2の回転子磁極 $10B_3$ の極歯 $10a_3$ と第2の単位回転子 RB_3 の第2の回転子磁極 $10B_3$ の極歯 $10a_3$ との間隔角度は、いずれも $\tau R_3/4$ に形成する。

【0053】

上記構造の固定子と回転子との各極歯構成は、実施の形態1に示した（4-1）式、（4-2）式、（4-3）式に対して本実施の形態を対応させて、符号 τR_1 を τR_3 に、符号 τS_1 を τS_3 に変換させた下記（16-1）式、（16-2）式、（16-3）式夫々の条件において、図6、図7、図8を参照して固定子の磁極に形成する極歯と回転子磁極に形成する極歯との関係が示される。

$$\tau R_3 = \tau S_3 \cdots \cdots \cdots (16-1)$$

$$0.75\tau R_3 \leq \tau S_3 < \tau R_3 \cdots \cdots \cdots (16-2)$$

$$\tau R_3 < \tau S_3 \leq 1.25\tau R_3 \cdots \cdots \cdots (16-3)$$

【0054】

即ち、固定子と回転子との各極歯の相互位置関係は、実施の形態1について図6、図7、図8によって説明した状況と同一なので図示は省略するが、図6、図

7、図8に示した各符号を、固定子の所定の磁極の極歯対称部 $3a_{1-1}$ 、 $3a_{1-2}$ を夫々 $3a_{3-1}$ 、 $3a_{3-2}$ に、極歯非対称部 $3b_{1-1}$ 、 $3b_{1-2}$ を夫々 $3b_{3-1}$ 、 $3b_{3-2}$ に、固定子の磁極のピッチ $\theta S_1 = 360^\circ / 6$ を $\theta S_3 = 360^\circ / 10$ に、固定子の極歯のピッチ τS_1 を τS_3 に、第1の単位回転子 RA_{1-1} 、 RA_{1-2} 、 RA_{1-3} を夫々 RA_{3-1} 、 RA_{3-2} 、 RA_{3-3} に、第2の単位回転子 RB_1 を RB_3 に、第1の回転子磁極 $10A_{1-1}$ 、 $10A_{1-2}$ 、 $10A_{1-3}$ を夫々 $10A_{3-1}$ 、 $10A_{3-2}$ 、 $10A_{3-3}$ に、回転子の極歯のピッチ τR_{1-1} 、 τR_{1-2} 、 τR_{1-3} を夫々 τR_{3-1} 、 τR_{3-2} 、 τR_{3-3} に、固定子の所定の磁極の極歯と回転子の極歯の位置が一致した状態で、隣接する固定子の極歯と回転子の極歯との間隔角度 α_{1-1} 、 α_{1-2} 、 α_{1-3} を α_{3-1} 、 α_{3-2} 、 α_{3-3} に、夫々置換することによって、そのまま利用できる。

【0055】

本実施の形態に示す10相10極モータにおいては、固定子の極歯と回転子の極歯とのピッチの関係が(16-1)式で示される場合、回転子磁極の極歯の数を(3)式において $m=1$ で示したように、下記(17)式で示される条件を満足させると固定子の所定の磁極で、この磁極の極歯と回転子の極歯とを一致させた場合に隣接する固定子の磁極の極歯と回転子の極歯との間隔角度 α_{3-1} は $\tau R_{3-1} / 20$ になる。

$$Z_{3-1} = 10n + 2 \quad \text{もしくは} \quad Z_{3-1} = 10n + 3 \cdots \cdots (17)$$

但し、 Z_{3-1} は各回転子磁極の極歯の数、 n は1に等しいか1よりも大なる整数である。

【0056】

また、固定子の極歯と回転子の極歯とのピッチの関係が(16-2)式で示される場合、回転子磁極の極歯の数を(3)式において $m=1$ で示したように、下記(18)式で示される条件を満足させると固定子の所定の磁極で、この磁極の極歯と回転子の極歯とを一致させた場合に隣接する固定子の磁極の極歯と回転子の極歯との間隔角度 α_{3-2} は $\tau R_{3-2} / 20$ になる。

$$Z_{3-2} = 10n + 2 \quad \text{もしくは} \quad Z_{3-2} = 10n + 3 \cdots \cdots (18)$$

但し、 Z_{3-2} は各回転子磁極の極歯の数、 n は1に等しいか1よりも大なる整

数である。

【 0 0 5 7 】

また、固定子の極歯と回転子の極歯とのピッチの関係が (16-3) 式で示される場合、回転子磁極の極歯の数を (3) 式において $m = 1$ で示したように、下記 (19) 式で示される条件を満足させると、固定子の所定の磁極で、この磁極の極歯と回転子の極歯とを一致させた場合に隣接する固定子の磁極の極歯と回転子の極歯との間の間隔角度 α_{3-3} は $\tau R_{3-3} / 20$ になる。

$$Z_{3-3} = 10n + 2 \quad \text{もしくは} \quad Z_{3-3} = 10n + 3 \cdots \cdots (19)$$

但し、 Z_{3-3} は各回転子磁極の極歯の数、 n は 1 に等しいか 1 よりも大なる整数である。

【 0 0 5 8 】

図 25 に示す表 3 は、本実施の形態のモータにおいて、上述した n を 1 から変化した条件における各回転子磁極の極歯の歯数 (Z と記す) と、このモータのステップ角との関係例を示している。

即ち、歯数 Z が $10n + 2$ の場合と $10n + 3$ の場合において、夫々 n を 1 から順次増加した場合のステップ角を縦方向に示している。

【 0 0 5 9 】

図 26 は、本実施の形態におけるモノファイラ巻線の接続状態を示している。図 26 において、 A, A' は巻線 $4c_1$ の引出線、 F, F' は巻線 $4c_2$ の引出線、 B, B' は巻線 $4c_3$ の引出線、 G, G' は巻線 $4c_4$ の引出線、 C, C' は巻線 $4c_5$ の引出線、 H, H' は巻線 $4c_6$ の引出線、 D, D' は巻線 $4c_7$ の引出線、 I, I' は巻線 $4c_8$ の引出線、 E, E' は巻線 $4c_9$ の引出線、 J, J' は巻線 $4c_{10}$ の引出線であって、これらの各端子に駆動用の励磁電流出力回路が接続される。

【 0 0 6 0 】

上述した構成のモータの駆動は実施の形態 1、実施の形態 2 において、図 11 によって示したフローと同様、図 27 に示すフローによって実行される。

図 27 において、横軸には動作ステップの流れ (シーケンス) をステップ 1 からステップ 22 までを示し、ステップ 23 以降の図示を省略している。

縦方向には前述した各引出線を示し、各引出線を示す横軸には各ステップに対応させてパルス電流を供給するタイミングを四辺形で示している。

各引出線を示す横線の上側に示す四辺形は、例えば引出線 A から引出線 A' へ電流を流し、各引出線を示す横線の下側に示す四辺形は、引出線 A' から引出線 A へ電流を流すことを示している。

従って、図 2 7 に示すように各引出線に順次パルス電流を流すことによって、このモータは前述したステップ角ずつ歩進し回転する。

即ち、その動作は実施の形態 1 の説明で図 1 2 に示した展開図を、上述した段落 4 6 乃至 5 8 の説明を参照して固定子の磁極を 1 0 極に変換し、回転子の磁極の位置を固定子の磁極の位置に対応させて記載することによって同様に示され、図 2 7 に示したフローに従って、各引出線に順次パルス電流を供給するごとにステップ角である $\tau R_3 / 20$ ずつ回転を継続し、20 パルスで極歯 1 ピッチ分回転する。

【 0 0 6 1 】

実施の形態 4 :

次に、本発明を 1 0 相 2 0 極モータ（インナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ）に適用した実施の形態を図 2 8 乃至図 3 4 によって説明する。

実施の形態 1 乃至実施の形態 3 で 6 相 6 極モータ、6 相 1 2 極モータ、1 0 相 1 0 極モータについて説明した内容を 1 0 相 2 0 極モータに転換し、容易に理解できる事項は、その図示説明は省略する。

動作については、例えば各巻線に対する駆動電流の供給による働き等は磁極を展開した図 6、図 7、図 8 等を参照し、磁極や極歯のピッチ等に対応させてステップ角の違いを理解すれば良い。

また、各図については、実施の形態 1 の構成要素と対応する構成要素は同一の符号を使用するかサフィックスを変えて示し、説明は省略する。

【 0 0 6 2 】

図 2 8 は 1 0 相 2 0 極モータの縦断正面図、図 2 9 は図 2 8 の X - X' 断面を示している。

図 2 8、図 2 9 において、 S_4 は固定子であって、固定子鉄心 2 の内方向に 2

0 個の磁極 $3 d_1$ 乃至 $3 d_{20}$ が等しい角度間隔で求心状に形成されていて、各磁極は交互に極歯の形成形状を交差させている。

即ち、各磁極の先端部には所定の数の極歯 $3 k_4$ が等しいピッチで形成されていて、磁極 $3 d_1$ 、 $3 d_3$ 、 $3 d_5$ 、 $3 d_7$ 、 $3 d_9$ 、 $3 d_{11}$ 、 $3 d_{13}$ 、 $3 d_{15}$ 、 $3 d_{17}$ 、 $3 d_{19}$ には、極歯を磁極に対して線対称に設けた半分と非対称に設けた半분을軸方向同一側に形成し、磁極 $3 d_2$ 、 $3 d_4$ 、 $3 d_6$ 、 $3 d_8$ 、 $3 d_{10}$ 、 $3 d_{12}$ 、 $3 d_{14}$ 、 $3 d_{16}$ 、 $3 d_{18}$ 、 $3 d_{20}$ には、上記の磁極とは軸の反対方向側に磁極に対して線対称に設けた半分と非対称に設けた半분을設けている。

上記各磁極には、巻線 $4 d_1$ 乃至 $4 d_{20}$ が夫々巻き回されている。

また、各磁極の先端部には、このモータの構造特性に対応した数の極歯 $3 k_4$ が等しい角度間隔で形成されている。

【 0 0 6 3 】

回転子軸 8 には、固定子 S_4 の内面との間に所定間隙をあけて第 1 の単位回転子 $R A_4$ が結合されており、固定子 S_4 の他の半分に対向させた位置に固定子 S_4 の内面との間に所定間隙をあけて第 2 の単位回転子 $R B_4$ が結合されている。上述した第 1 の単位回転子 $R A_4$ と第 2 の単位回転子 $R B_4$ との間には所定幅の環状形状に形成した非磁性体 1 1 を介在させている。

第 1 の単位回転子 $R A_4$ 及び第 2 の単位回転子 $R B_4$ は同一構造であって、2 個の回転子磁極 $1 0 A_4$ 、 $1 0 B_4$ が夫々回転子軸 8 の軸方向に着磁された永久磁石 9 を挟持し、固定されている。

2 個の回転子磁極 $1 0 A_4$ と $1 0 B_4$ 夫々の外周には、固定子の各磁極に形成した極歯 $3 k_4$ の形状とピッチに対応させた所定の形状とピッチで極歯 $1 0 a_4$ を形成している。各極歯 $1 0 a_4$ の位置関係は後述するように、第 1 の回転子磁極 $1 0 A_4$ の極歯 $1 0 a_4$ と第 2 の回転子磁極 $1 0 B_4$ の極歯 $1 0 a_4$ とは、極歯 $1 0 a_4$ を形成したピッチの $1/2$ 偏位させて結合させ、第 1 の単位回転子 $R A_4$ と第 2 の単位回転子 $R B_4$ とは、極歯 $1 0 a_4$ を形成したピッチの $1/4$ 偏位して結合されている。

【 0 0 6 4 】

図 3 0 によって、1 0 相 2 0 極モータに適用する固定子の作成方法の例を説明

する。

固定子は環状の固定子鉄心 2 の内部に、先端部に所定数の極歯 $3k_4$ を等ピッチ τS_4 で磁極の中心線に対して線対称に形成した同一形状の磁極 P_{4-A} と、先端部に磁極 P_{4-A} と同一形状、同一個数の極歯 $3k_4$ を等ピッチ τS_4 で磁極ピッチの $1/4$ 、即ち、 $\tau S_4/4$ 偏位させて形成した同一形状の磁極 P_{4-B} とを交互に各 10 個、総計で 20 個求心状に形成した磁性材板（以下固定子鉄板と称す） SP_4 を所定枚数極歯が重なるように積層して固定子 S_4 の片側半分を構成する。

従って、上述した相互に隣接する磁極 P_{4-A} と磁極 P_{4-B} との角度間隔 θS_4 は $360^\circ / 20$ 即ち 18 度に形成されている。

次に、上記の構成体に対して磁極のピッチ、即ち 18 度回転偏位させて、上述と同一形状に形成した固定子鉄板 SP_4 を上記と同枚数、又はほぼ同一枚数極歯が重なるように積層して固定子 S_4 の残り片側半分を構成する。

固定子 S_4 は、非磁性体 11 を挟んで形成した 2 個の単位回転子 RA_4 、 RB_4 に対向させるように形成するので、各単位回転子が夫々確実に固定子の片半分に対向するように構成できるなら、半分ずつを同一枚数にする必要はない。

夫々の固定子鉄板はプレスによる打ち抜き加工によって作成すれば良く、各回転子を構成する回転子磁極も所定形状の磁性材板をプレスによって打ち抜いた後所定枚数重ねて構成すれば良い。

【0065】

固定子の磁極部の構造は実施の形態 1 乃至実施の形態 3 で示した図 5、図 17、図 21 同様、図 31 に示すように構成されている。

即ち、図 31 (A) に示す固定子 S_4 の磁極は所定数の極歯 $3k_4$ を磁極に対して線対称に設けた半分 P_{4-A} と極歯 $3k_4$ を極歯のピッチ $1/4$ 偏位させて磁極に対して非対称に設けた半分 P_{4-B} とによって形成されている。

一方、図 31 (B) に示す磁極は、磁極に対して線対称に極歯 $3k_4$ を設けた半分 P_{4-A} と、磁極を極歯ピッチの $1/4$ 偏位させて非対称に設けた半分 P_{4-B} を図 31 (A) に示した磁極とは反対側に形成している。

【0066】

図 32 には、回転子を形成する各回転子磁極の極歯の関係を拡大して示してい

る。

図 3 2 において、永久磁石 9 の着磁方向によって、第 1 の単位回転子 RA_4 の第 1 の回転子磁極 $10A_4$ の極歯 $10a_4$ と第 2 の単位回転子 RB_4 の第 1 の回転子磁極 $10A_4$ の極歯 $10a_4$ とは N 極に、第 1 の単位回転子 RA_4 の第 2 の回転子磁極 $10B_4$ の極歯 $10a_4$ と第 2 の単位回転子 RB_4 の第 2 の回転子磁極 $10B_4$ の極歯 $10a_4$ とは S 極に着磁されている。

また、各回転子の磁極に設けた極歯 $10a_4$ のピッチを τR_4 とすると、第 1 の回転子磁極 $10A_4$ の極歯 $10a_4$ と第 2 の回転子磁極 $10B_4$ の極歯 $10a_4$ との間の間隔角度は $\tau R_4 / 2$ 、第 1 の単位回転子 RA_4 の第 1 の回転子磁極 $10A_4$ の極歯 $10a_4$ と第 2 の単位回転子 RB_4 の第 1 の回転子磁極 $10A_4$ の極歯 $10a_4$ との間隔角度、及び第 1 の単位回転子 RA_4 の第 2 の回転子磁極 $10B_4$ の極歯 $10a_4$ と第 2 の単位回転子 RB_4 の第 2 の回転子磁極 $10B_4$ の極歯 $10a_4$ との間隔角度は、いずれも $\tau R_4 / 4$ に形成する。

【 0 0 6 7 】

上記構造の固定子と回転子との各極歯構成は、実施の形態 1 に示した、(4-1) 式、(4-2) 式、(4-3) 式に対して本実施の形態を対応させて、符号 τR_1 を τR_4 に、符号 τS_1 を τS_4 に変換させた下記 (20-1) 式、(20-2) 式、(20-3) 式夫々の条件において、図 6、図 7、図 8 を参照して固定子の磁極に形成する極歯と回転子磁極に形成する極歯との関係が示される。

$$\tau R_4 = \tau S_4 \cdots \cdots \cdots (20-1)$$

$$0.75 \tau R_4 \leq \tau S_4 < \tau R_4 \cdots \cdots \cdots (20-2)$$

$$\tau R_4 < \tau S_4 \leq 1.25 \tau R_4 \cdots \cdots \cdots (20-3)$$

【 0 0 6 8 】

即ち、固定子と回転子との各極歯の相互位置関係は、実施の形態 1 について図 6、図 7、図 8 によって説明した状況と同一なので図示は省略するが、図 6、図 7、図 8 に示した各符号を、固定子の所定の磁極の極歯対称部 $3a_{1-1}$ 、 $3a_{1-2}$ を夫々 $3a_{4-1}$ 、 $3a_{4-2}$ に、極歯非対称部 $3b_{1-1}$ 、 $3b_{1-2}$ を夫々 $3b_{4-1}$ 、 $3b_{4-2}$ に、固定子の磁極のピッチ $\theta S_1 = 360^\circ / 6$ を $\theta S_4 = 360^\circ / 20$ に、固定子の極歯のピッチ τS_1 を τS_4 に、第 1 の単位回転子 RA_{1-1} 、 RA_{1-2}

、 RA_{1-3} を夫々 RA_{4-1} 、 RA_{4-2} 、 RA_{4-3} に、第2の単位回転子 RB_{1-1} 、 RB_{1-2} 、 RB_{1-3} を夫々 RB_{4-1} 、 RB_{4-2} 、 RB_{4-3} に、第1の回転子磁極 $10A_{1-1}$ 、 $10A_{1-2}$ 、 $10A_{1-3}$ を夫々 $10A_{4-1}$ 、 $10A_{4-2}$ 、 $10A_{4-3}$ に、回転子の極歯のピッチ τR_{1-1} 、 τR_{1-2} 、 τR_{1-3} を夫々、 τR_{4-1} 、 τR_{4-2} 、 τR_{4-3} に、固定子の所定の磁極の極歯と回転子の極歯の位置が一致した状態で、隣接する固定子の磁極の極歯と回転子の極歯との間隔角度 α_{1-1} 、 α_{1-2} 、 α_{1-3} を α_{4-1} 、 α_{4-2} 、 α_{4-3} に、夫々置換することによって、そのまま利用できる。

【0069】

本実施の形態に示す10相20極モータにおいては、固定子の極歯と回転子の極歯とのピッチの関係が(20-1)式で示される場合、回転子磁極の極歯の数を(3)式において $m=2$ で示したように、下記(21)式で示される条件を満足させると固定子の所定の磁極で、この磁極の極歯と回転子の極歯とを一致させた場合に、隣接する固定子の磁極の極歯と回転子の極歯との間の間隔角度 α_{4-1} は $\tau R_{4-1}/20$ になる。

$$Z_{4-1} = 20n + 4 \quad \text{もしくは} \quad Z_{4-1} = 20n + 6 \cdots \cdots (21)$$

但し、 Z_{4-1} は各回転子磁極の極歯の数、 n は1に等しいか1よりも大なる整数である。

【0070】

また、固定子の極歯と回転子の極歯とのピッチの関係が(20-2)式で示される場合、回転子磁極の極歯の数を(3)式において $m=2$ で示したように、下記(22)式で示される条件を満足させると固定子の所定の磁極で、この磁極の極歯と回転子の極歯とを一致させた場合に隣接する固定子の磁極の極歯と回転子の極歯との間の間隔角度 α_{4-2} は $\tau R_{4-2}/20$ になる。

$$Z_{4-2} = 20n + 4 \quad \text{もしくは} \quad Z_{4-2} = 20n + 6 \cdots \cdots (22)$$

但し、 Z_{4-2} は各回転子磁極の極歯の数、 n は1に等しいか1よりも大なる整数である。

【0071】

また、固定子の極歯と回転子の極歯とのピッチの関係が(20-3)式で示される場合、回転子磁極の極歯の数を(3)式において $m=2$ で示したように、下記(

23) 式で示される条件を満足させると固定子の所定の磁極で、この磁極の極歯と回転子の極歯とを一致させた場合に隣接する固定子の磁極の極歯と回転子の極歯との間の間隔角度 α_{4-3} は $\tau R_{4-3} / 20$ になる。

$$Z_{4-3} = 20n + 4 \quad \text{もしくは} \quad Z_{4-3} = 20n + 6 \cdots \cdots (23)$$

但し、 Z_{4-3} は各回転子磁極の極歯の数、 n は 1 に等しいか 1 よりも大なる整数である。

【0072】

図33に示す表4は、本実施の形態のモータにおいて、上述した n を 1 から変化した条件における各回転子磁極の極歯の歯数 (Z で記す) と、このモータのステップ角との関係例を示している。

即ち、歯数 Z が $20n + 4$ の場合と $20n + 6$ の場合において、夫々 n を 1 から順次増加した場合のステップ角を縦方向に示している。

【0073】

図34は、本実施の形態におけるモノファイラ巻線の接続状態を示している。

図34において、 A 、 A' は巻線 $4d_1$ と巻線 $4d_{11}$ を直列接続した回路の引出線、以下、同様に F 、 F' は巻線 $4d_2$ と巻線 $4d_{12}$ を、 B 、 B' は巻線 $4d_3$ と巻線 $4d_{13}$ を、 G 、 G' は巻線 $4d_4$ と巻線 $4d_{14}$ を、 C 、 C' は巻線 $4d_5$ と巻線 $4d_{15}$ を、 H 、 H' は巻線 $4d_6$ と巻線 $4d_{16}$ を、 D 、 D' は巻線 $4d_7$ と巻線 $4d_{17}$ を、 I 、 I' は巻線 $4d_8$ と巻線 $4d_{18}$ を、 E 、 E' は巻線 $4d_9$ と巻線 $4d_{19}$ を、 J 、 J' は巻線 $4d_{10}$ と巻線 $4d_{20}$ を夫々直列接続した回路の引出線であって、これらの各端子に駆動用の励磁電流出力回路が接続される。

【0074】

上述した構成のモータの駆動は実施の形態3において示したフローと同様、図27に示したフローによって実行される。

即ち、その動作は実施の形態1の説明で図12に示した展開図を、前述した本実施の形態の構成と働きの説明を参照して固定子の磁極を 20 極に変換し、回転子の磁極の位置を固定子の磁極の位置に対応させて記載することによって同様に示され、図27に示すフローに従って、各引出線に順次パルス電流を供給するとにステップ角である $\tau R_4 / 20$ ずつ回転を継続し、20パルスで極歯 1 ピツ

チ分回転する。

【0075】

実施の形態5：

上述した実施の形態1乃至実施の形態4においては、夫々本発明の技術思想をインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータに適用した例を説明したが、アウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータに対しても同一の技術思想を適用することができる。

即ち、詳細な図示説明は省略するが、実施の形態1乃至実施の形態4で説明したインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータにおける固定子鉄心を形成する環状磁性体の内面から円中心に向けて求心状に等ピッチで、 $6m$ 個又は $10m$ 個（ m は1以上の整数）の磁極を設けた固定子の磁極を、固定子鉄心を形成する円筒面から放射状に形成する。即ち、この磁極は磁極形状に対して線対称に極歯を形成した単位磁極と磁極の極歯配設ピッチの $1/4$ 偏位させて極歯を形成した単位磁極とを交互に交差して各磁極を形成し、各磁極に励磁用巻線を巻き回して固定子を構成する。この固定子の外周面との間に所定間隙を設けて固定子の極歯数に対応する数の極歯を同心的求心状に形成した第1の回転子磁極と、第1の回転子磁極と同一形状に形成した第2の回転子磁極とを相互に極歯形成ピッチの $1/2$ 回転偏位し永久磁石を介して固定した第1の単位回転子を前記した固定子の半分の幅に対応させ、第1の単位回転子と同一形状の第2の単位回転子を非磁性体を介し、第1の単位回転子に対して極歯形成ピッチの $1/4$ 回転偏位した環状の回転子にすれば良い。

【0076】

上述の実施の形態は本発明の技術思想を実現する一例を示したものであって、そのモータの用途と用途に対応した回転速度や所望されるトルク、状況に適した電源条件等に対応して適切に応用改変しても良いことは当然である。

例えば、実施の形態の説明では、6相6極、6相12極、10相10極、10相20極の場合について説明したが、6相 $6m$ 極又は10相 $10m$ 極であって前述した(2)(3)各式の何れかを満足し、また、固定子の極歯形成ピッチと回転子の極歯形成ピッチとは前述した(4)式の関係を満たすようにすれば良い

磁極の製造方法も上述した形状が得られれば任意の手段で成形させれば良い。

【0 0 7 7】

【発明の効果】

本発明に基づくインナロータ形又はアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータは上述のように構成し作動するようにしたので、固定子の極数を増やすことなく高分解能を有する優れた効果を有する。以下、この効果を請求項毎に具体的に述べる。

(1) 請求項1の発明によると、6相6 m 極 ($m \geq 1$ の整数)のインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータの製作に当り回転子の極歯数 Z が $m(6n+1)$ 又は $m(6n+2)$ に定めることにより、6相モータとしての正常な動作が得られ、不良製品発生の大きな原因が回避され製品の歩留まりの向上を図ることができる。

(2) 請求項2の発明によると、10相10 m 極 ($m \geq 1$ の整数)のインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータの製作に当り回転子の極歯数 Z が $m(10n+2)$ 又は $m(10n+3)$ に定めることにより、10相モータとしての正常な動作が得られ、不良製品発生の大きな原因が回避され製品の歩留まりの向上を図ることができる。

(3) 請求項3の発明によると、6相6 m 極 ($m \geq 1$ の整数)のアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータの製作に当り回転子の極歯数 Z が $m(6n+1)$ 又は $m(6n+2)$ に定めることにより、6相モータとしての正常な動作が得られ、不良製品発生の大きな原因が回避され製品の歩留まりの向上を図ることができる。

(4) 請求項4の発明によると、10相10 m 極 ($m \geq 1$ の整数)のアウトロータ形ハイブリッド形ステッピングモータの製作に当り回転子の極歯数 Z が $m(10n+2)$ 又は $m(10n+3)$ に定めることにより、10相モータとしての正常な動作が得られ、不良製品発生の大きな原因が回避され製品の歩留まりの向上を図ることができる。

(5) 請求項5の発明によると、請求項1～4の発明において、インナロータ形

又はアウトロータ形ステッピングモータの各磁極を軸方向の半分は磁極形状が線対称となり、残りの半分が非対称となる対を円周方向に交互に交差させて形成される特殊構成の磁極を、同一形状の一種類の磁性体板を1/4ピッチだけピッチを変えて交互に積層して組立てればよいから、渦電流損を軽減できる固定子磁極を備えたステッピングモータの製作工数を大幅に軽減させることができる。

(6) 請求項6の発明によると、請求項1～5の発明において、インナロータ形又はアウトロータ形ステッピングモータが適正な動作を行うことができる固定子の極歯形成ピッチと回転子の極歯形成ピッチとの誤差の許容範囲を明確化できる。

(7) なお、本発明の構成の場合、コイルを複数相励磁する場合、従来構造の駆動回路に対して、駆動回路を構成するトランジスタの数を半減させることができる。即ち、6相モータの場合、従来構造ではトランジスタが24個必要であったが、本発明構造にすると、トランジスタを12個に低減できる。

また、10相モータの場合には、従来構造ではトランジスタが40個必要であったが、本発明構造にすると、トランジスタを20個に低減できる。

さらに、磁極数を少なくすることができる。例えば、従来構造では、6相モータでは、24個の固定子磁極が必要であったが、本発明構造では6乃至12極の固定子で実現できる。10相ステッピングモータでは従来構造の40個の固定子磁極が10乃至20個の固定子磁極で実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の技術思想に基づき形成した実施の形態1（6相6極インナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ）の縦断正面図である。

【図2】

図1のX-X'断面図である。

【図3】

実施の形態1の固定子を形成する磁性材板（固定子鉄板）の形状を説明する平面図である。

【図4】

実施の形態 1 の固定子の磁極先端部形状を説明するもので、同図（A）は所定の磁極部の斜視図、同図（B）は同図（A）に示す磁極部に隣接する磁極部の斜視図である。

【図 5】

実施の形態 1 における回転子を構成する単位回転子の 4 個の磁極に設けた極歯の関係を拡大して示している回転子先端部の拡大側面概要図である。

【図 6】

実施の形態 1 において、固定子の極歯のピッチ（間隔角度）と回転子の極歯のピッチ（間隔角度）が等しい場合における固定子の極歯と回転子の極歯との位置関係を説明する固定子と回転子の極歯部の展開説明図である。

【図 7】

実施の形態 1 において、固定子の極歯のピッチ（間隔角度）が回転子の極歯のピッチ（間隔角度）よりも小さく、且つ、回転子のピッチ極歯の（間隔角度）の 0.75 倍に等しいか、より大なる場合における固定子の極歯と回転子の極歯との位置関係を説明する固定子と回転子の極歯部の展開説明図である。

【図 8】

実施の形態 1 において、固定子の極歯のピッチ（間隔角度）が回転子の極歯のピッチ（間隔角度）よりも大きく、且つ、回転子の極歯のピッチ（間隔角度）の 1.25 倍より小さい場合における固定子の極歯と回転子の極歯との位置関係を説明する固定子と回転子の極歯部の展開説明図である。

【図 9】

同図に示す表 1 は実施の形態 1 のステッピングモータにおいて、回転子の極歯数とステップ角との関係を表 1 として示した図表である。

【図 10】

実施の形態 1 におけるモノファイラ巻線の接続状態を示す結線図である。

【図 11】

実施の形態 1、実施の形態 2 のバイポーラ駆動における 1 相励磁の場合の励磁シーケンス図である。

【図 12】

実施の形態 1 の固定子の極歯のピッチ（間隔角度）と回転子の極歯のピッチ（間隔角度）が等しい場合において、図 1 1 に示す励磁シーケンスによる実行時における固定子の極歯と回転子の極歯との位置関係を説明する固定子と回転子の極歯部の展開説明図である。

【図 1 3】

本発明の実施の形態 2（6 相 1 2 極インナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ）の縦断正面図である。

【図 1 4】

図 1 3 の X - X' 断面図である。

【図 1 5】

実施の形態 2 の固定子を形成する磁性材板（固定子鉄板）の形状を説明する平面図である。

【図 1 6】

実施の形態 2 における固定子の磁極先端部形状を説明するもので、同図（A）は所定の磁極部の斜視図、同図（B）は同図（A）に示す磁極部に隣接する磁極部の斜視図である。

【図 1 7】

実施の形態 2 の回転子を構成する単位回転子の 4 個の磁極に設けた極歯の関係を拡大して示している回転子先端部の拡大側面概要図である。

【図 1 8】

同図に示す表 2 は実施の形態 2 のステッピングモータにおいて、回転子の極歯数とステップ角との関係を表 2 として示した図表である。

【図 1 9】

実施の形態 2 におけるモノファイラ巻線の接続状態を示す結線図である。

【図 2 0】

本発明の技術思想に基づき形成した実施の形態 3（1 0 相 1 0 極インナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ）の縦断正面図である。

【図 2 1】

図 2 0 の X - X' 断面図である。

【図 2 2】

実施の形態 3 の固定子を形成する磁性材板（固定子鉄板）の形状を説明する平面図である。

【図 2 3】

実施の形態 3 における固定子の磁極先端部形状を説明するもので、同図（A）は所定の磁極部の斜視図、同図（B）は同図（A）に示す磁極部に隣接する磁極部の斜視図である。

【図 2 4】

実施の形態 3 の回転子を構成する 2 個の単位磁極に設けた極歯の関係を拡大して示している回転子先端部の拡大側面概要図である。

【図 2 5】

同図に示す表 3 は実施の形態 3 のステッピングモータにおいて、回転子の極歯数とステップ角との関係を表 3 として示した図表である。

【図 2 6】

実施の形態 3 におけるモノファイラ巻線の接続状態を示す結線図である。

【図 2 7】

実施の形態 3、実施の形態 4 のバイポーラ駆動における 1 相励磁の場合の励磁シーケンス図である。

【図 2 8】

本発明の実施の形態 4（10 相 20 極インナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータ）の縦断正面図である。

【図 2 9】

図 2 8 の X-X' 断面図である。

【図 3 0】

実施の形態 4 の固定子を形成する磁性材板（固定子鉄板）の形状を説明する平面図である。

【図 3 1】

実施の形態 4 における固定子の磁極先端部形状を説明するもので、同図（A）には所定の磁極部の斜視図、同図（B）は同図（A）に示す磁極部に隣接する磁

極部の斜視図である。

【図 3 2】

実施の形態 4 の回転子を構成する 2 個の単位磁極に設けた極歯の位置関係を拡大して示している回転子先端部の拡大側面概要図である。

【図 3 3】

同図に示す表 4 は実施の形態 4 のステッピングモータにおいて、回転子の極歯数とステップ角との関係を表 4 として示した図表である。

【図 3 4】

実施の形態 4 におけるモノフィラ巻線の接続状態を示す結線図である。

【図 3 5】

従来のインナロータ形ハイブリッド形ステッピングモータの縦断正面図である。

【図 3 6】

図 3 5 の X - X' 断面図である。

【図 3 7】

従来構造のインナロータ形 6 相ステッピングモータのモノフィラ巻きでの結線図である。

【図 3 8】

従来構造のインナロータ形 6 相ステッピングモータのモノフィラ巻きでの 1 相励磁の場合の励磁シーケンス図である。

【図 3 9】

従来構造のインナロータ形 10 相ステッピングモータのモノフィラ巻きでの結線図である。

【図 4 0】

従来構造のインナロータ形 10 相ステッピングモータのモノフィラ巻きでの 1 相励磁の場合の励磁シーケンス図である。

【図 4 1】

従来構造のアウトロータ形ハイブリット形ステッピングモータの縦断正面図である。

【図 4 2】

図 4 1 の X - X' 断面図である。

【符号の説明】

2 : 固定子鉄心

3 a₁ ~ 3 a₆、3 b₁ ~ 3 b₁₂、3 c₁ ~ 3 c₁₀、3 d₁ ~ 3 d₂₀ : 固定子の磁極

3 k₁ ~ 3 k₄ : 固定子の極歯

3 a₁₋₁ ~ 3 a₁₋₆ : 固定子の対称磁極部

3 b₁₋₁ ~ 3 b₁₋₆ : 固定子の非対称磁極部

4 a₁ ~ 4 a₆、4 b₁ ~ 4 b₁₂、4 c₁ ~ 4 c₁₀、4 d₁ ~ 4 d₂₀ : 巻線

8 : 回転子軸

9 : 永久磁石

1 0 A₁、1 0 A₁₋₁ ~ 1 0 A₁₋₃、1 0 B₁、1 0 B₁₋₁ ~ 1 0 B₁₋₃、1 0 A₂、1 0 B₂、1 0 A₃、1 0 B₃、1 0 A₄、1 0 B₄ : 回転子磁極

1 0 a₁ ~ 1 0 a₄ : 回転子の極歯

1 1 : 非磁性体

A、A' 乃至 J、J' : 巻線の引出線

P_{1-A}、P_{2-A}、P_{3-A}、P_{4-A} : 固定子磁極の極歯対称分

P_{1-B}、P_{2-B}、P_{3-B}、P_{4-B} : 固定子磁極の極歯非対称分

R A₁ ~ R A₄、R B₁ ~ R B₄ : 単位回転子

S₁ ~ S₄ : 固定子

S P₁ ~ S P₄ : 磁性材板 (固定子鉄板)

α₁₋₁、α₁₋₂、α₁₋₃、α₂₋₁、α₃₋₁、α₄₋₁、α₅₋₁、α₆₋₁、α₇₋₁ : 固定子の極歯と回転子の極歯との間隔角度

β : ステップ角とその倍数

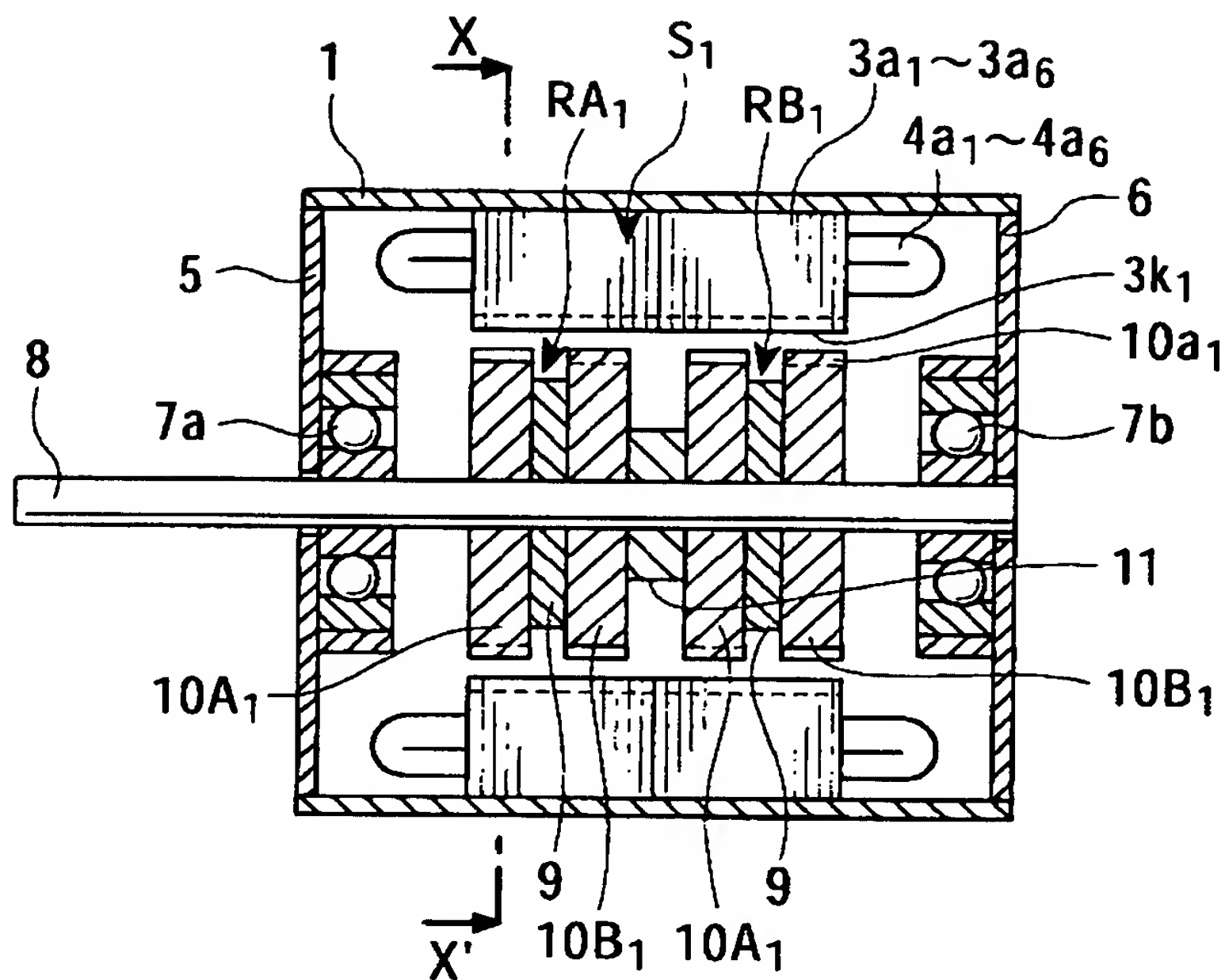
θ S₁ ~ θ S₄ : 固定子の磁極間ピッチ (間隔角度)

τ R₁、τ R₁₋₁、τ R₁₋₂、τ R₁₋₃、τ R₂、τ R₃、τ R₄ : 回転子の極歯間ピッチ (間隔角度)

τ S₁ ~ τ S₄ : 固定子の磁極の極歯間ピッチ (間隔角度)

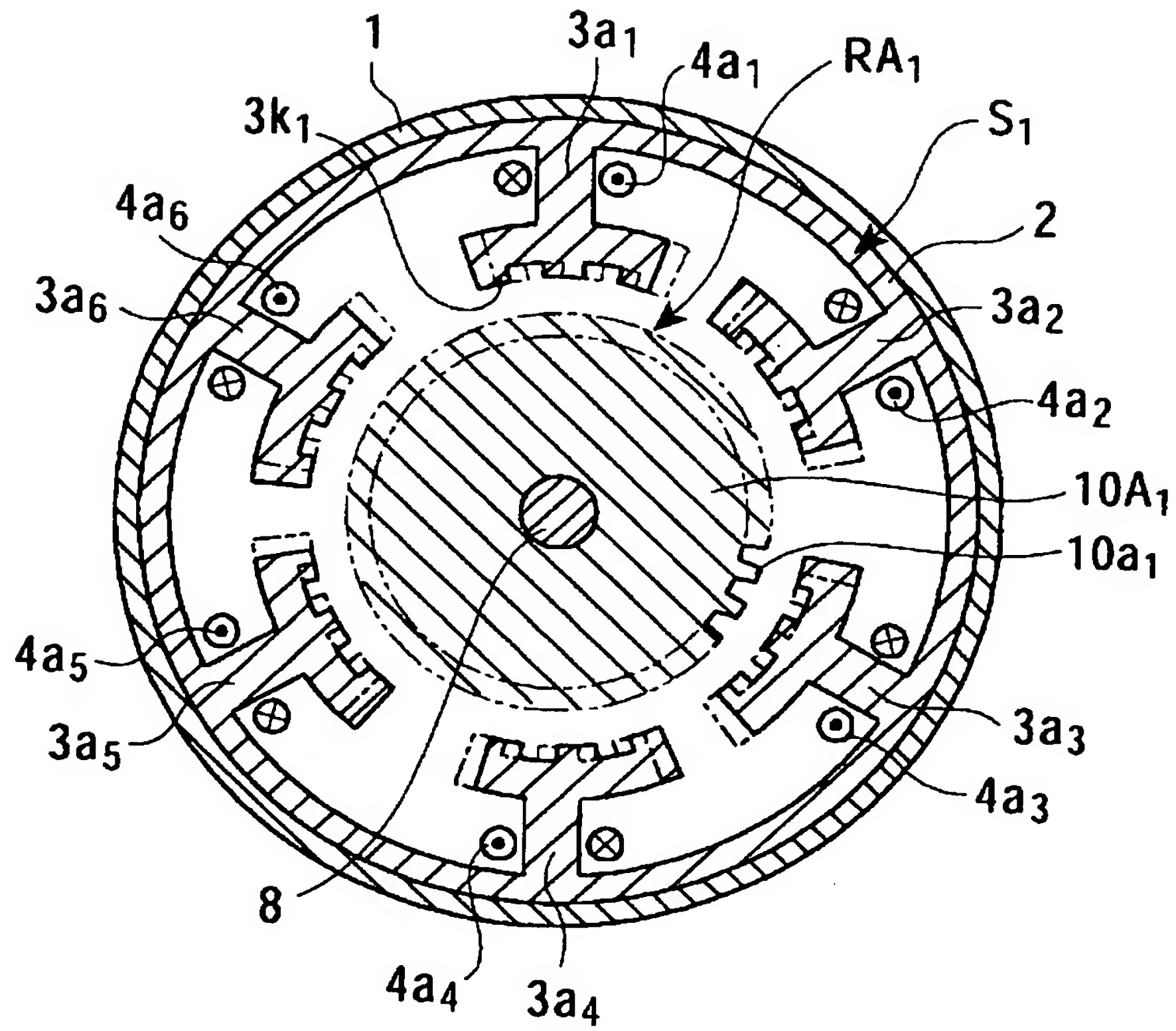
【書類名】 図面

【図 1】

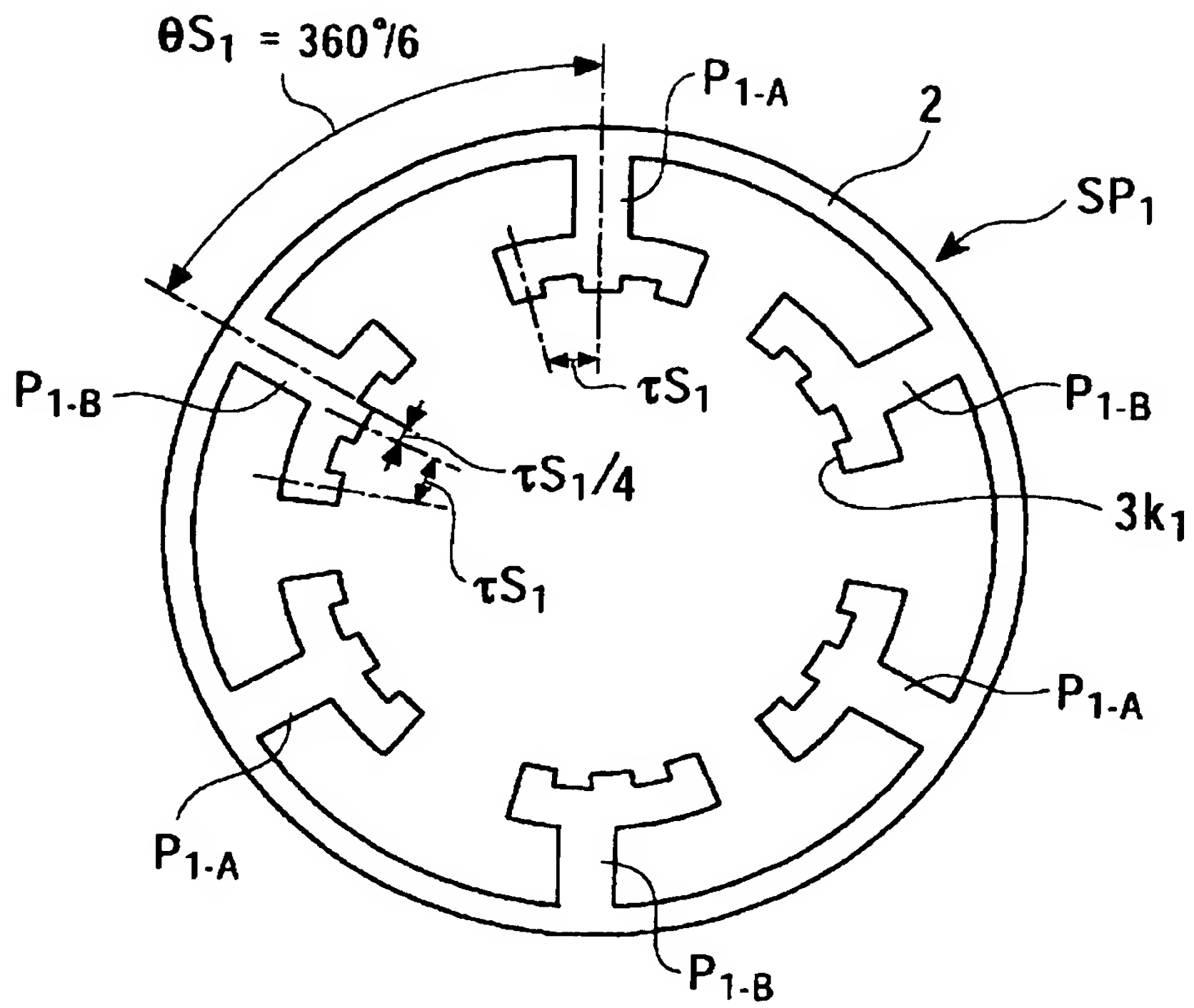


- 3a₁~3a₆: 固定子磁極
- 3k₁: 固定子極齒
- 4a₁~4a₆: 巻線
- 8: 回転軸
- 9: 永久磁石
- 10A₁, 10B₁: 回転子磁極
- 10a₁: 回転子極齒
- 11: 非磁性体
- S₁: 固定子
- RA₁, RB₁: 単位回転子

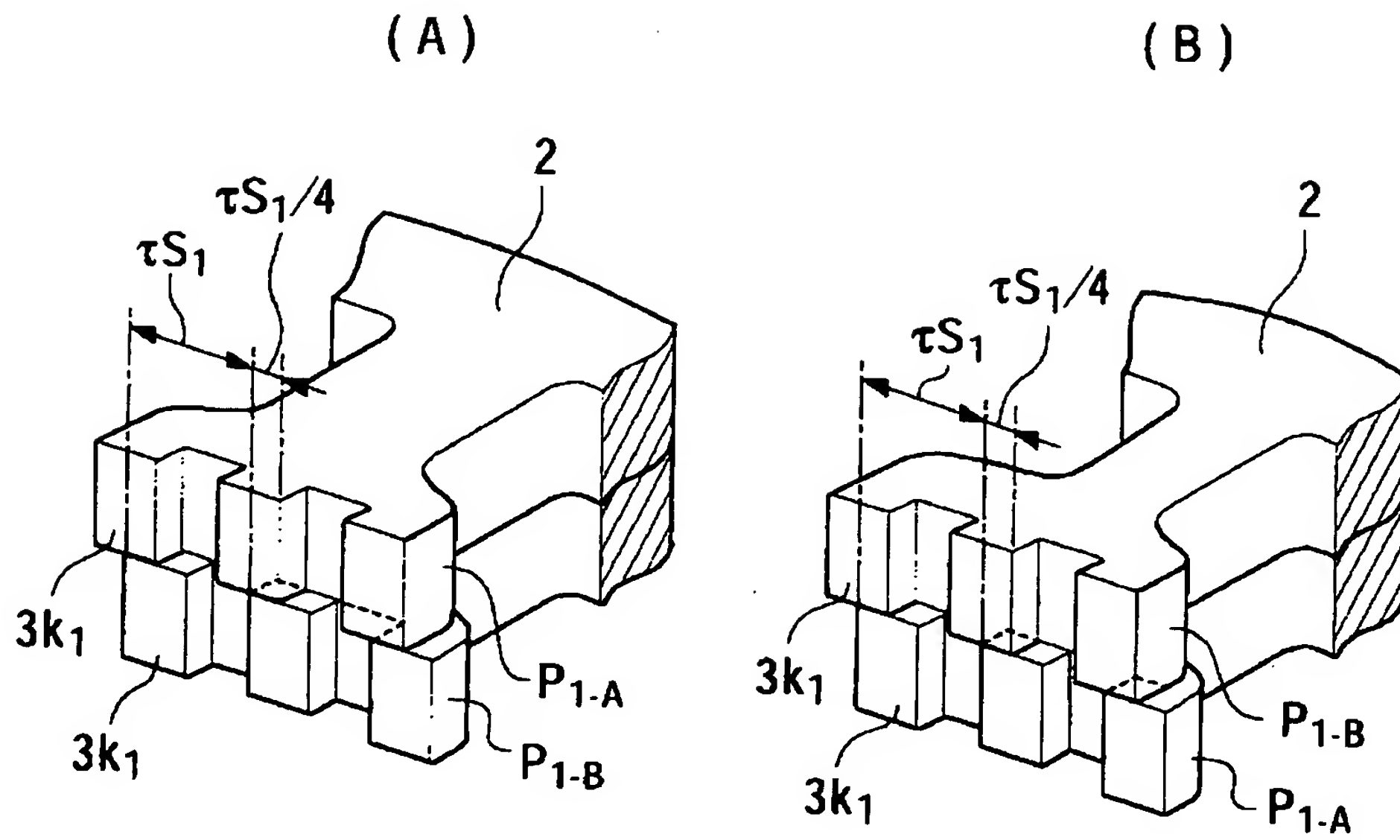
【図 2】



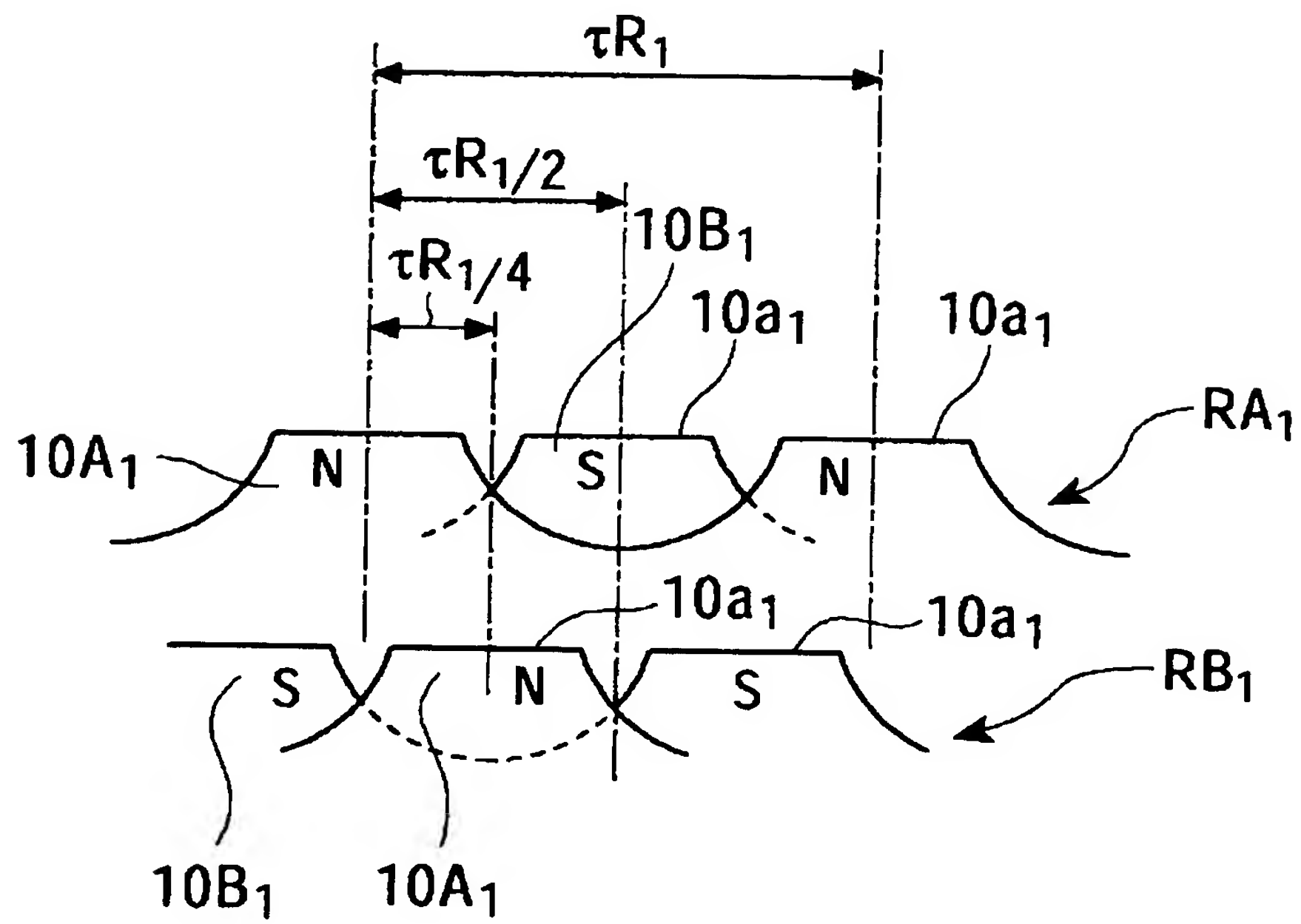
【図 3】



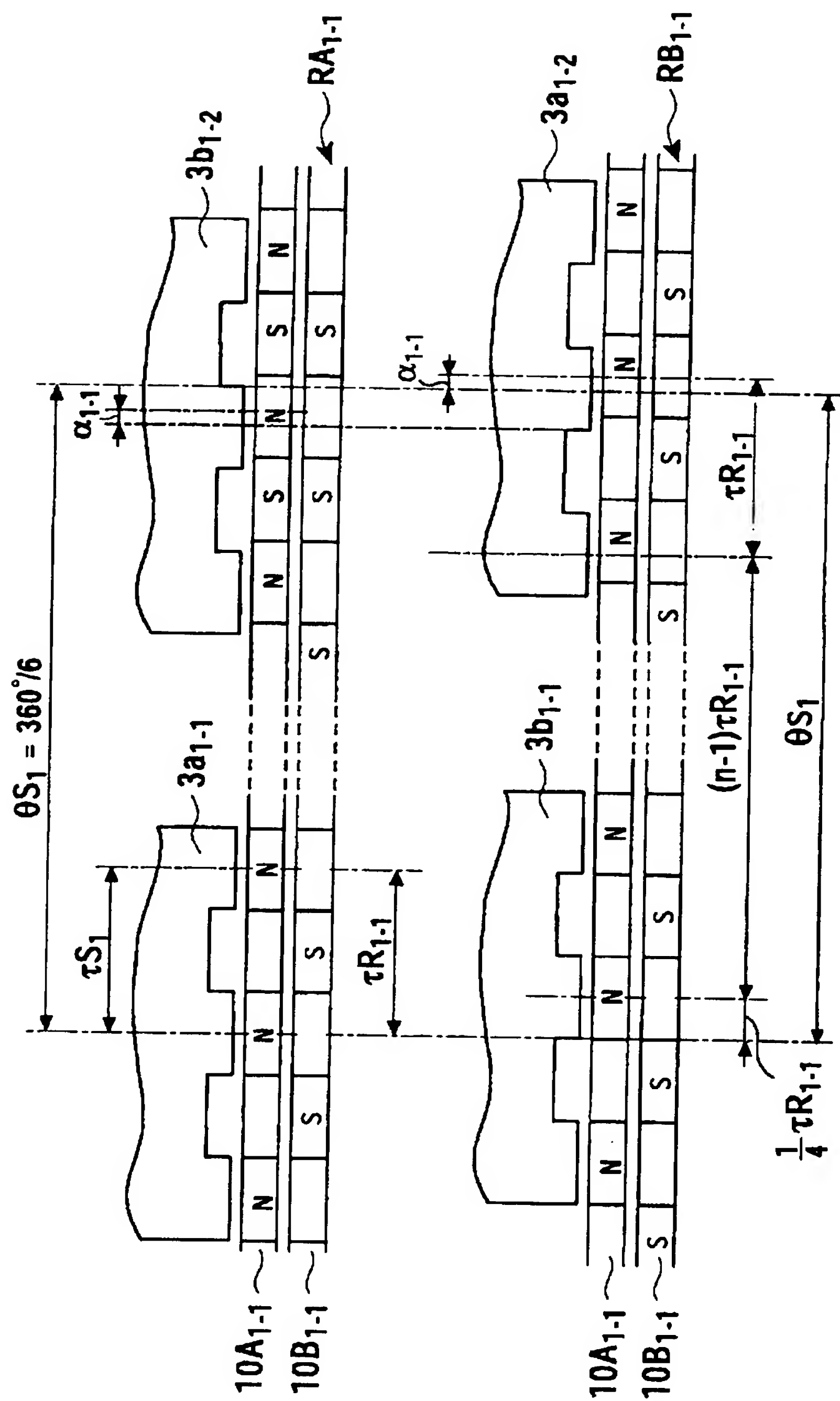
【図 4】



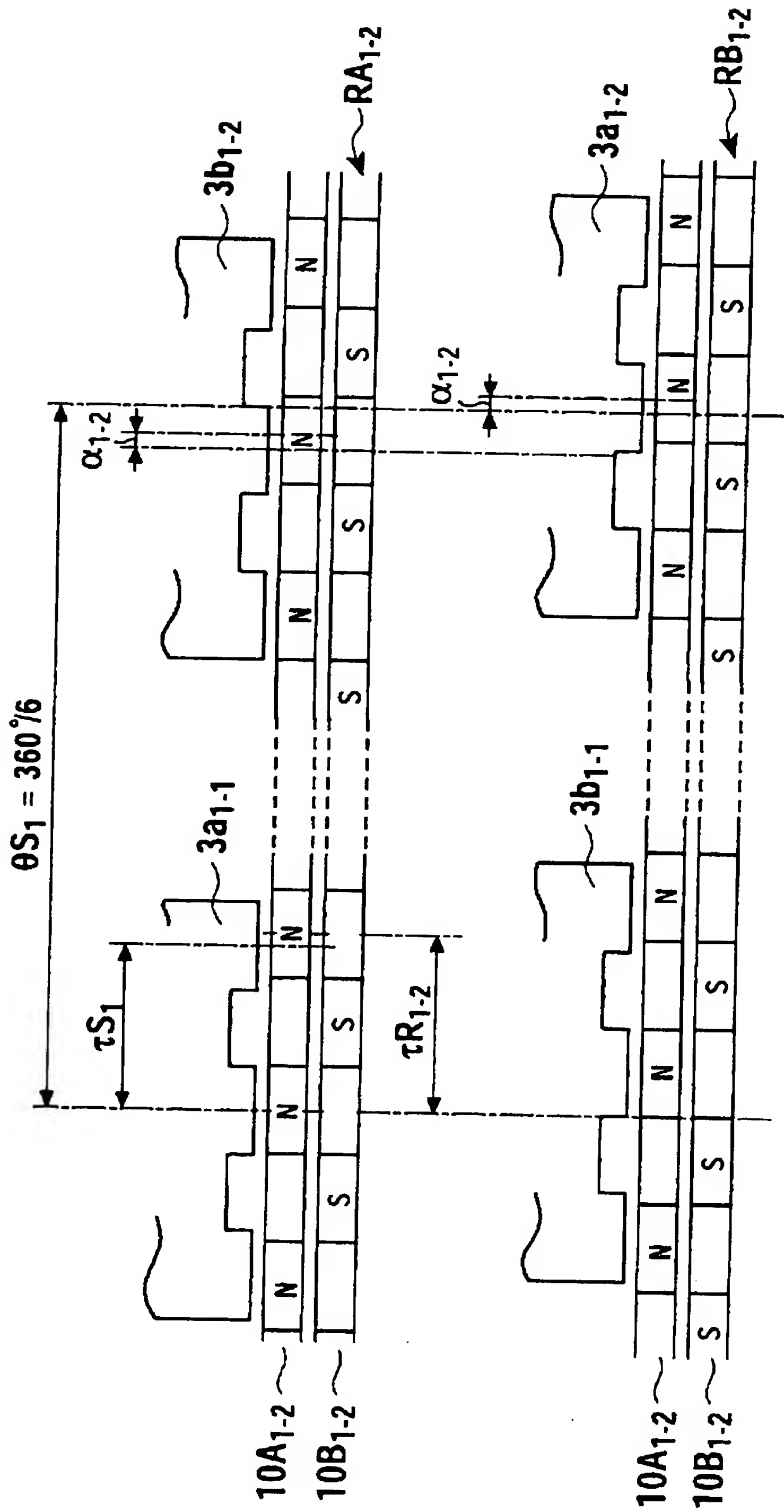
【図 5】



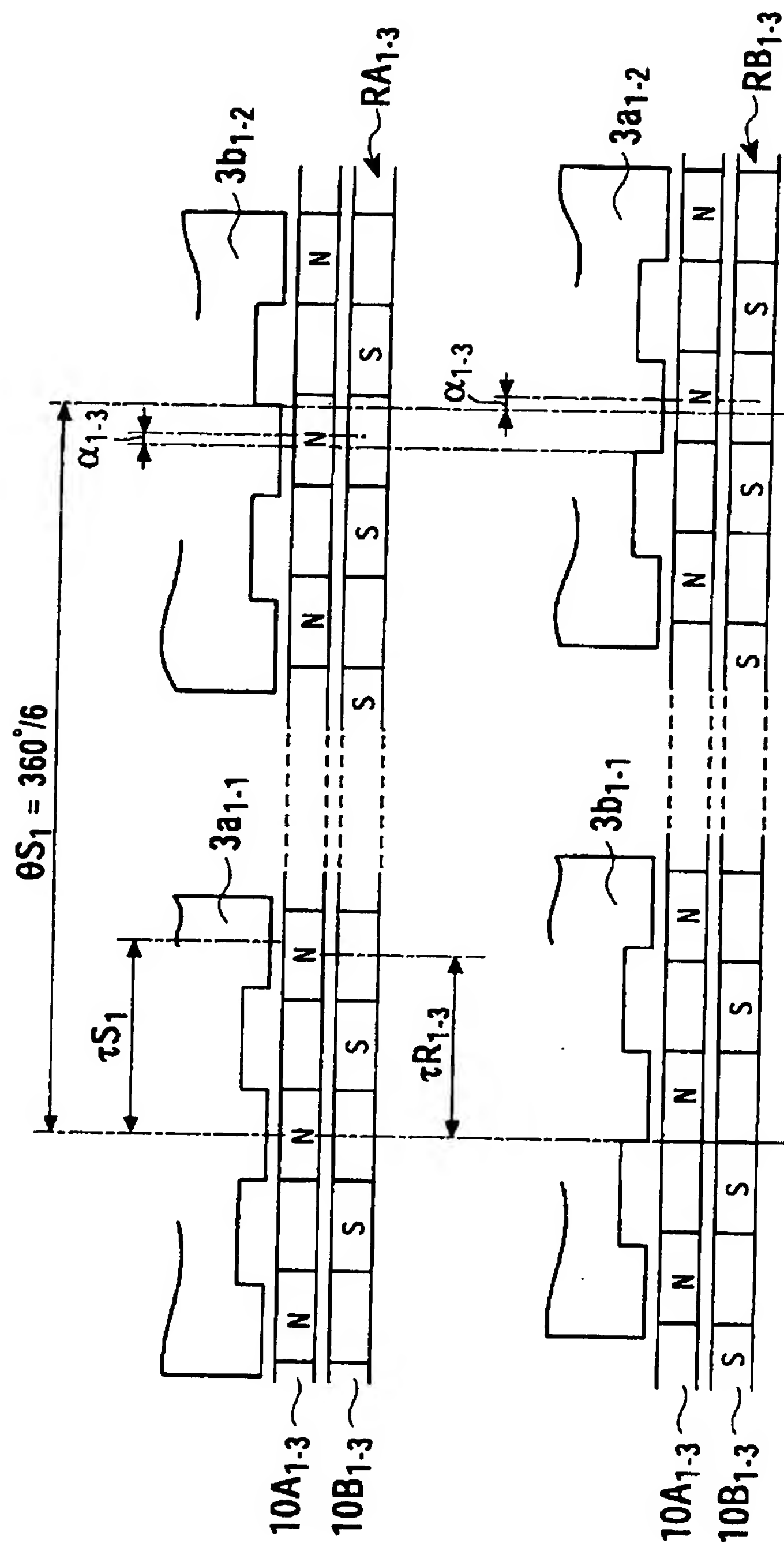
【図 6】



【図 7】



【図 8】

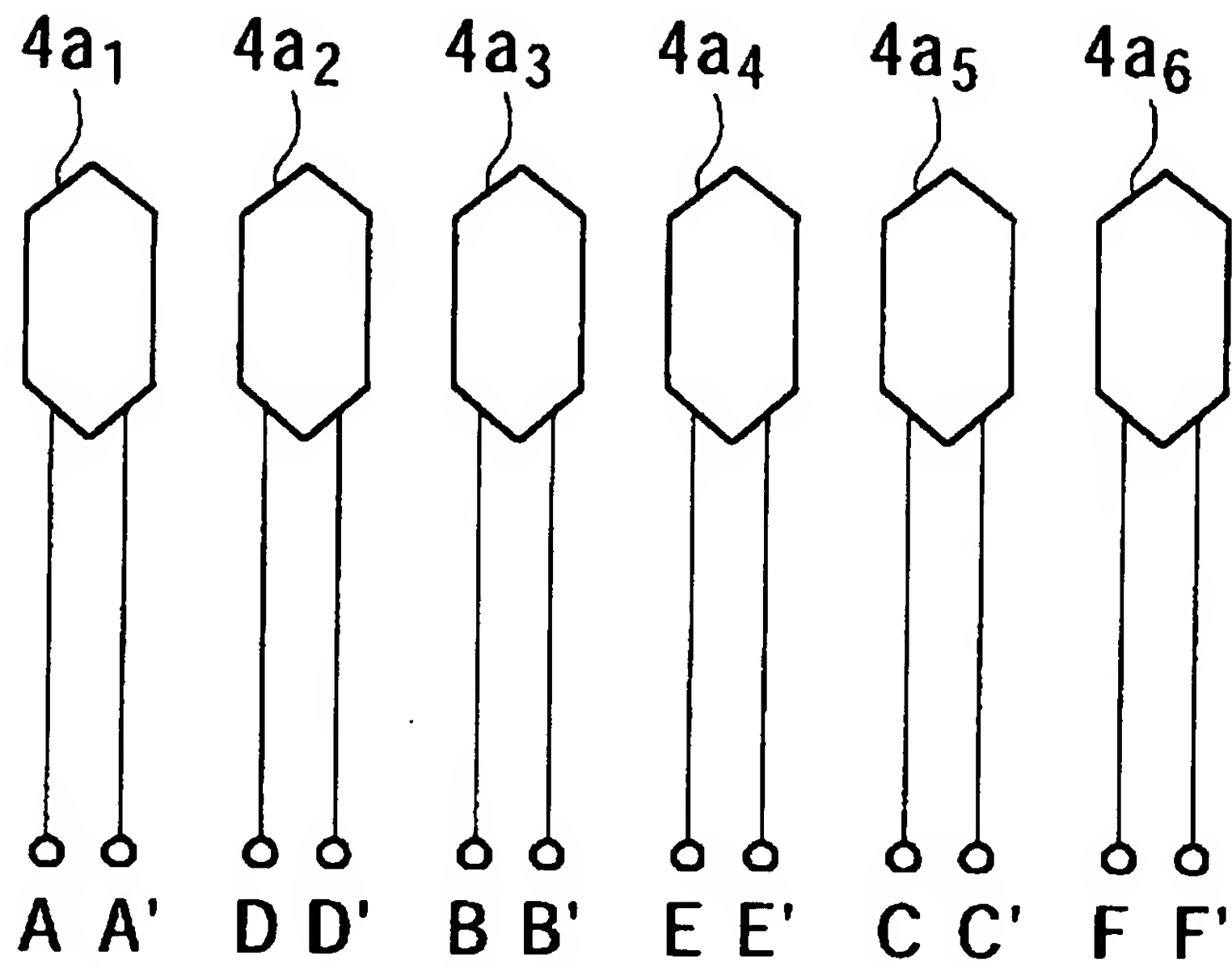


【図 9】

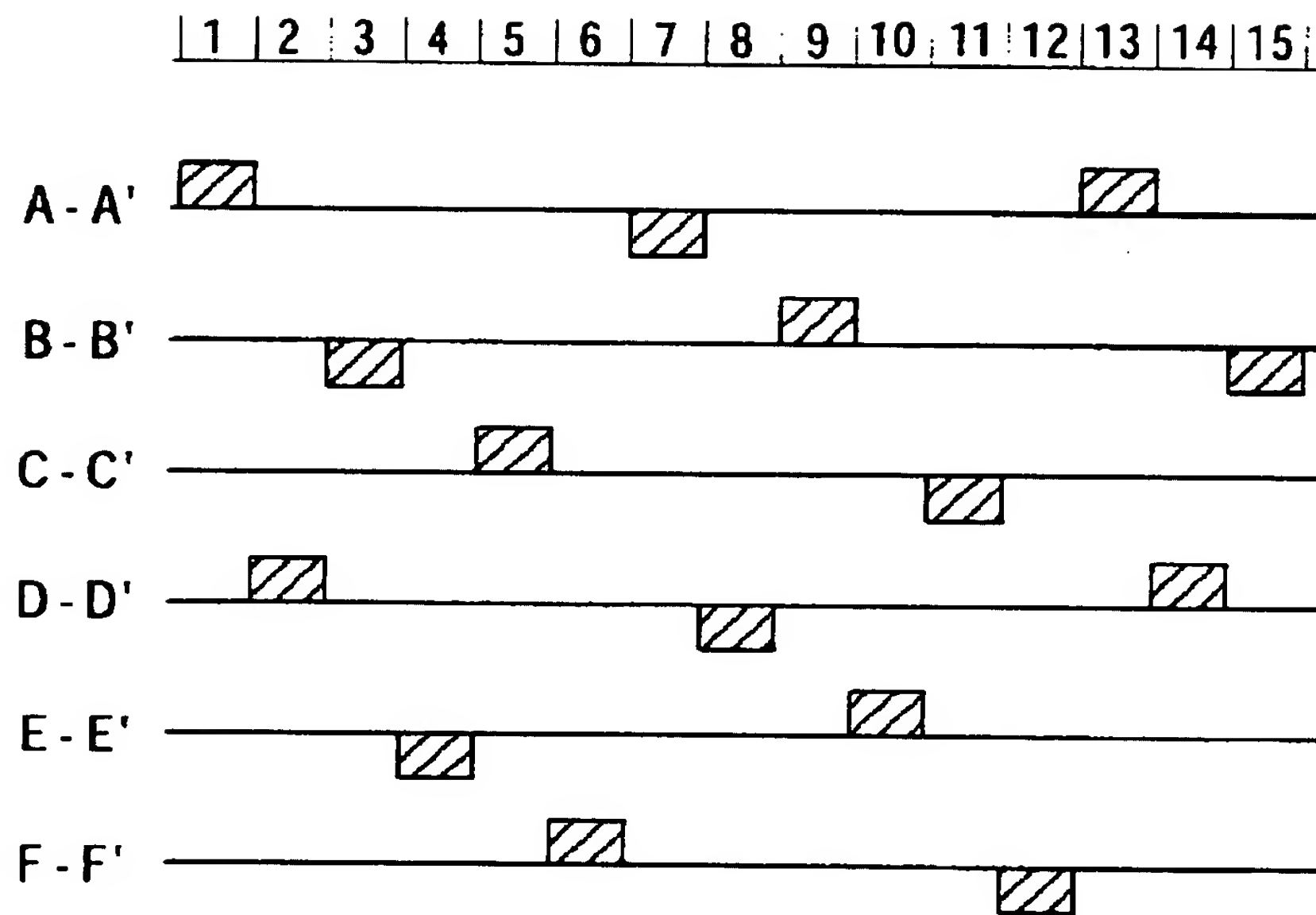
表 1

n	Z = 6n + 1		Z = 6n + 2	
	Z	ステップ角 (°)	Z	ステップ角 (°)
1	7	4.285	8	3.75
2	13	2.307	14	2.142
3	19	1.579	20	1.5
4	25	1.2	26	1.153
5	31	0.967	32	0.937
6	37	0.81	38	0.789
7	43	0.697	44	0.681
8	49	0.576	50	0.6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

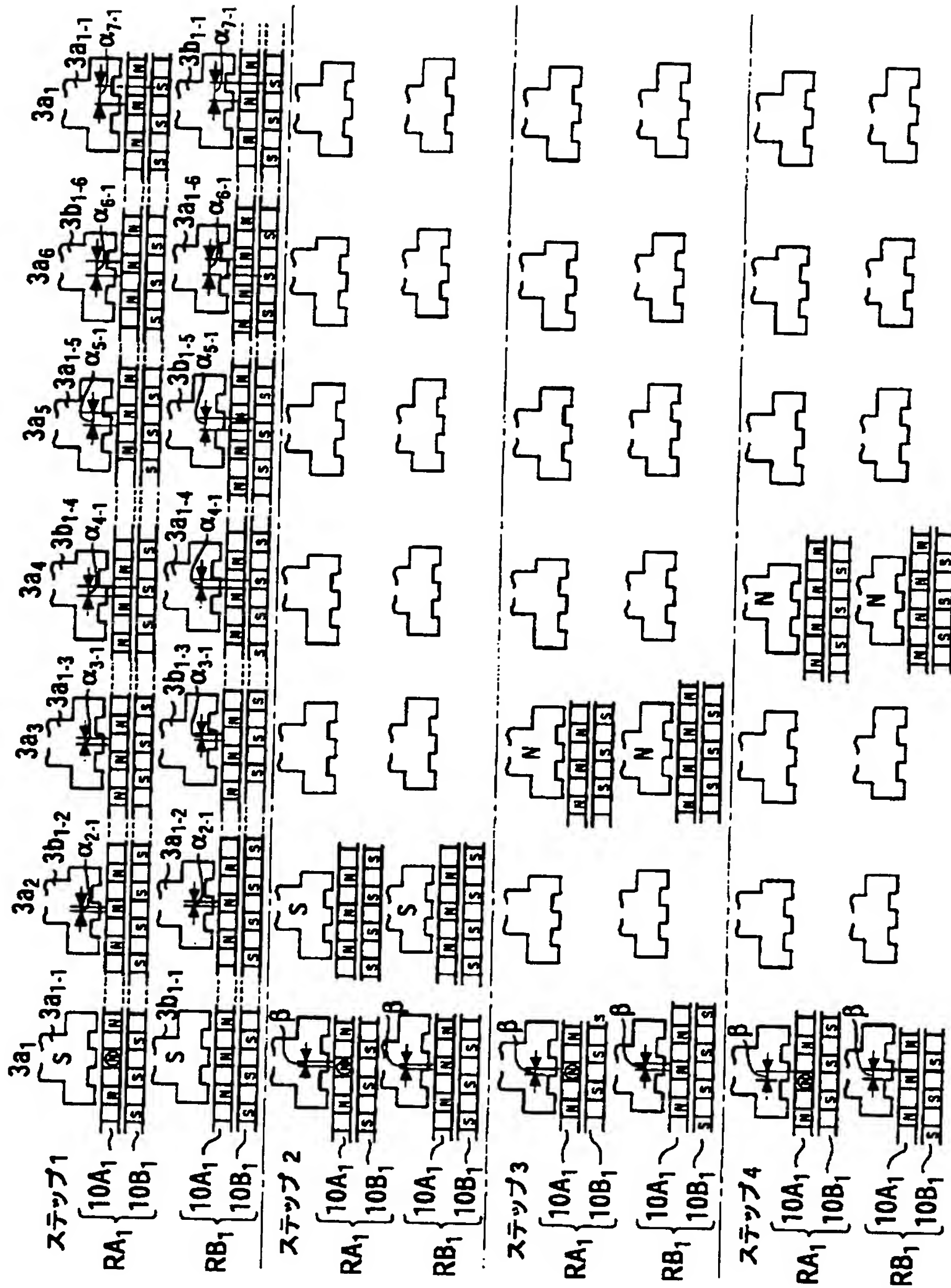
【 図 1 0 】



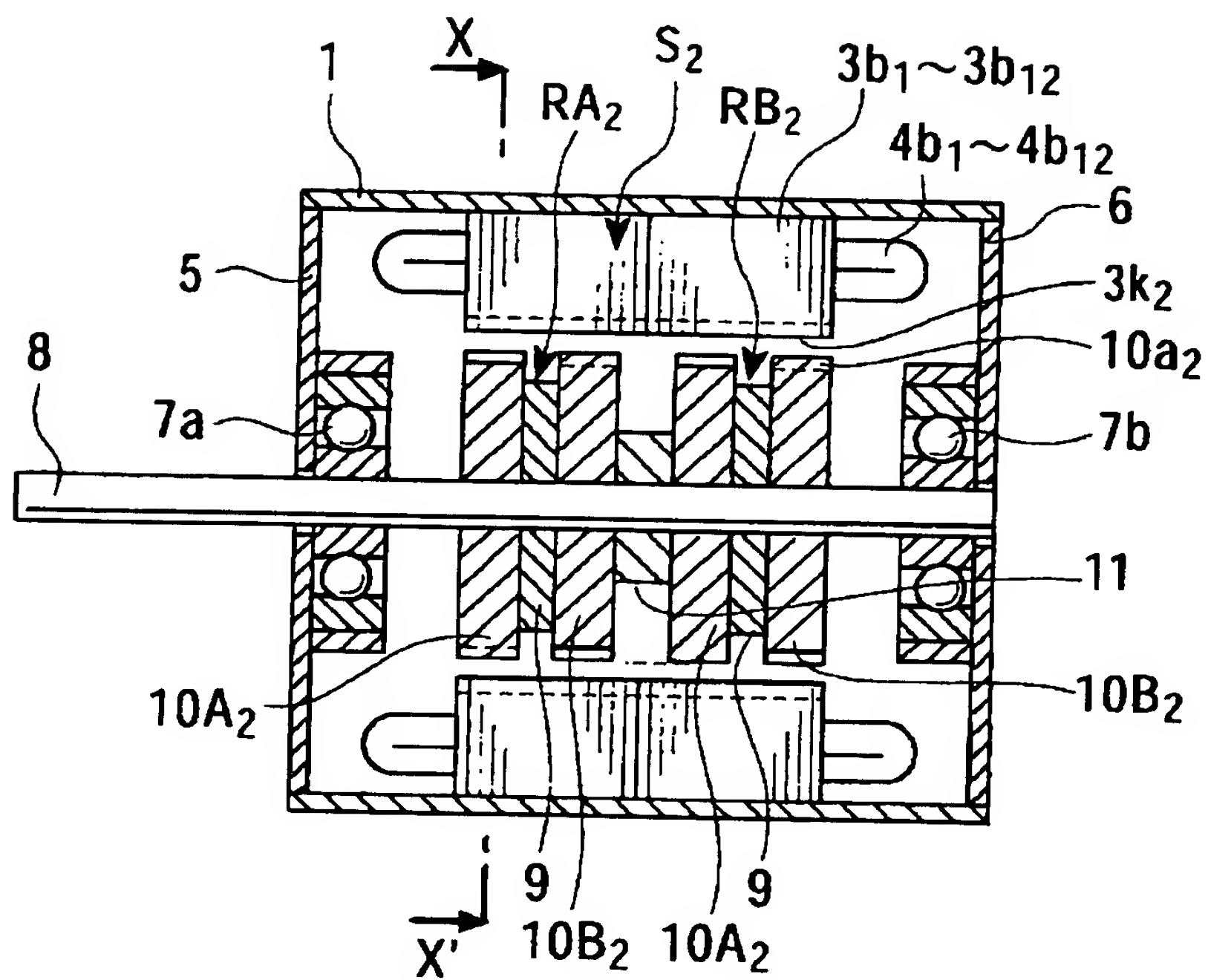
【図 1 1】



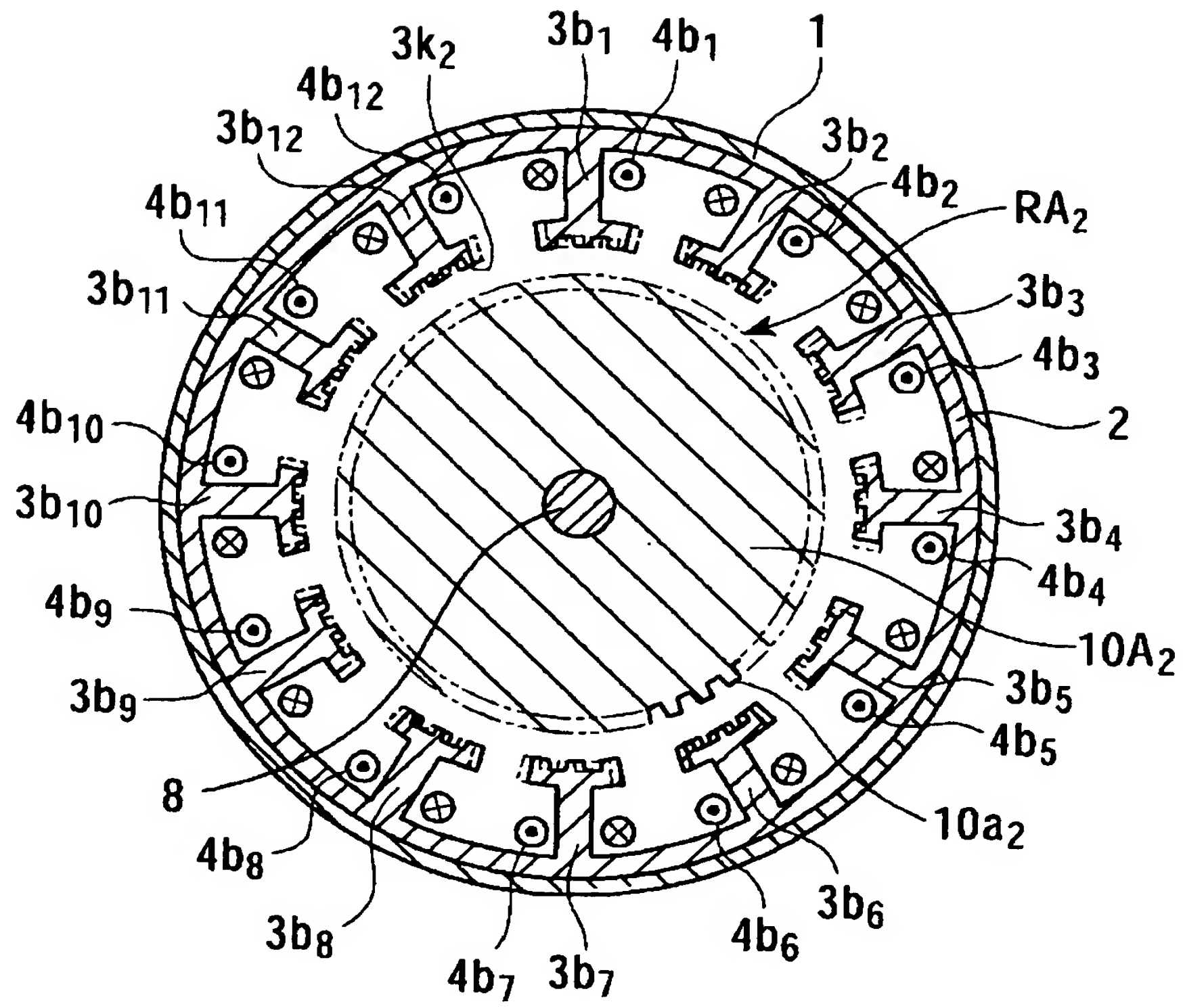
【図 1 2】



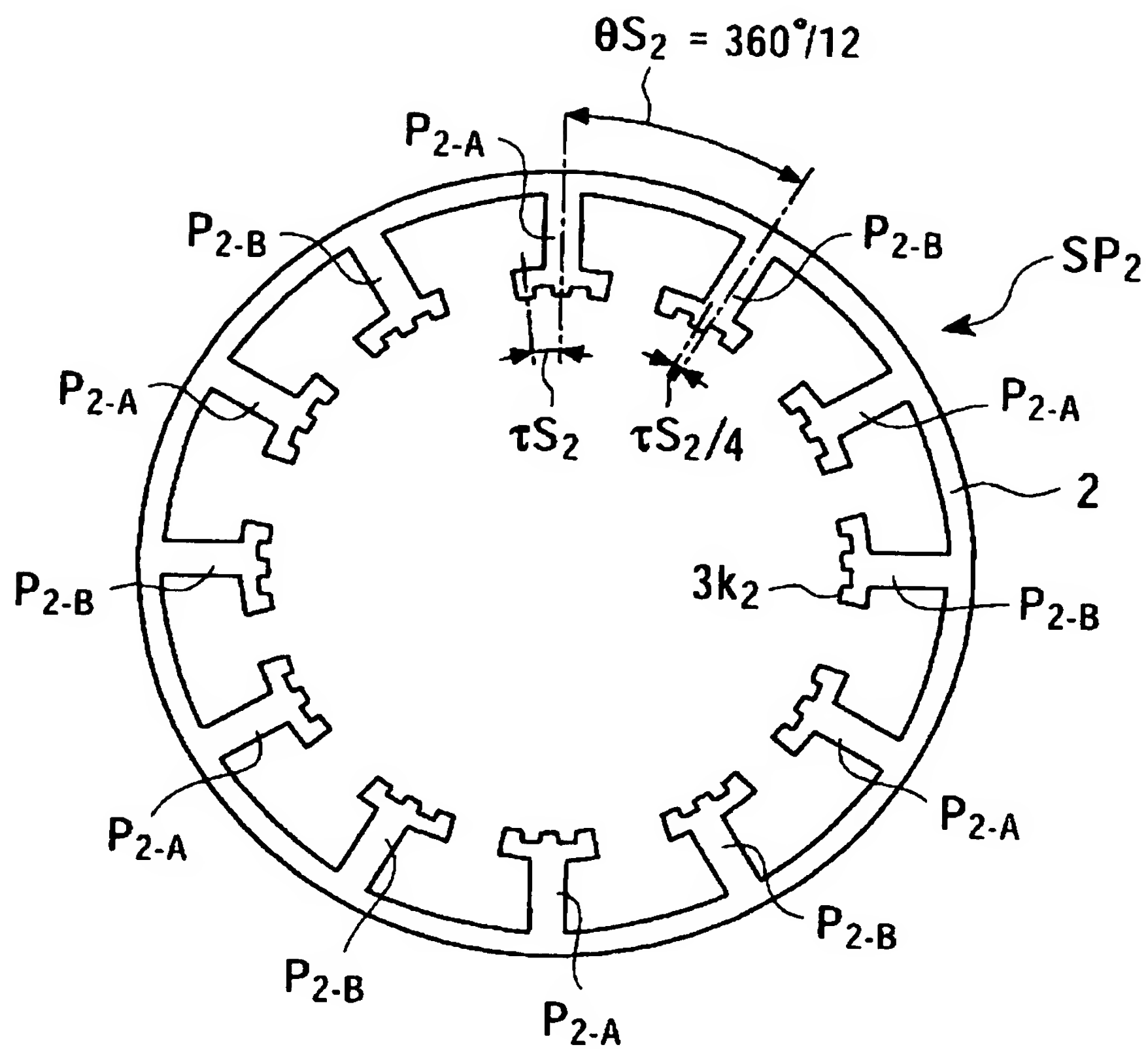
【图 13】



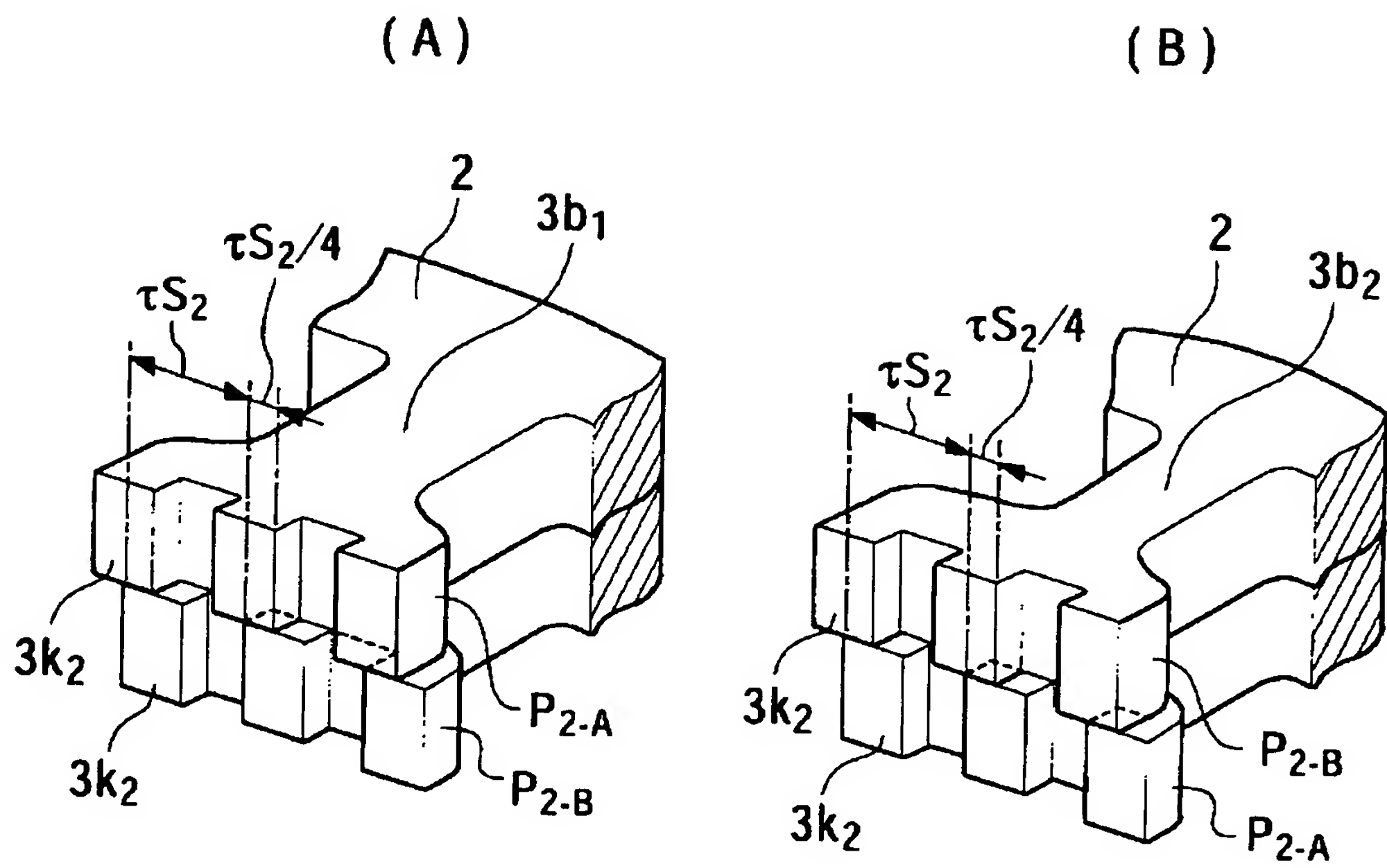
【図 1 4】



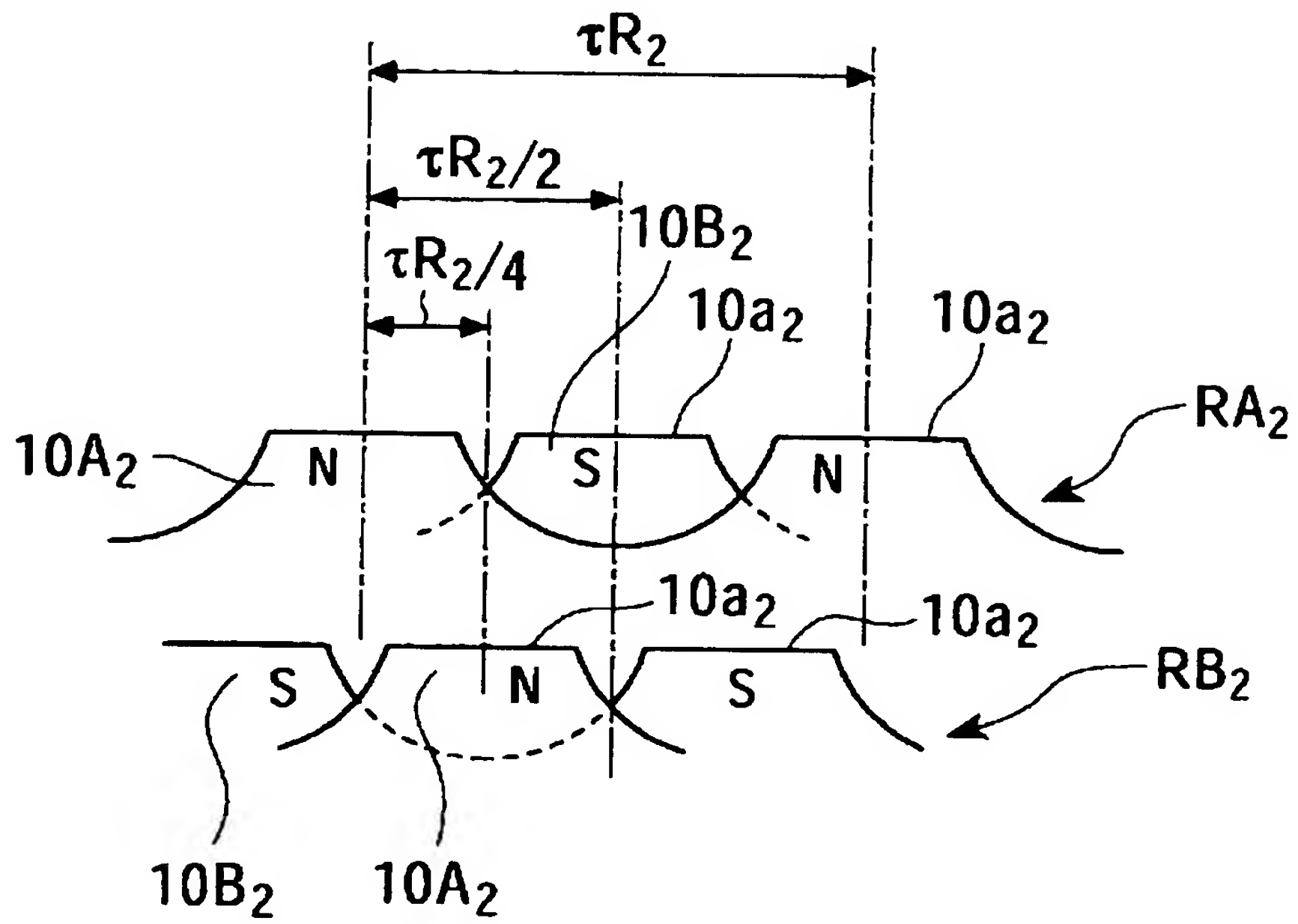
【図 1 5】



【図 16】



【図 1 7】

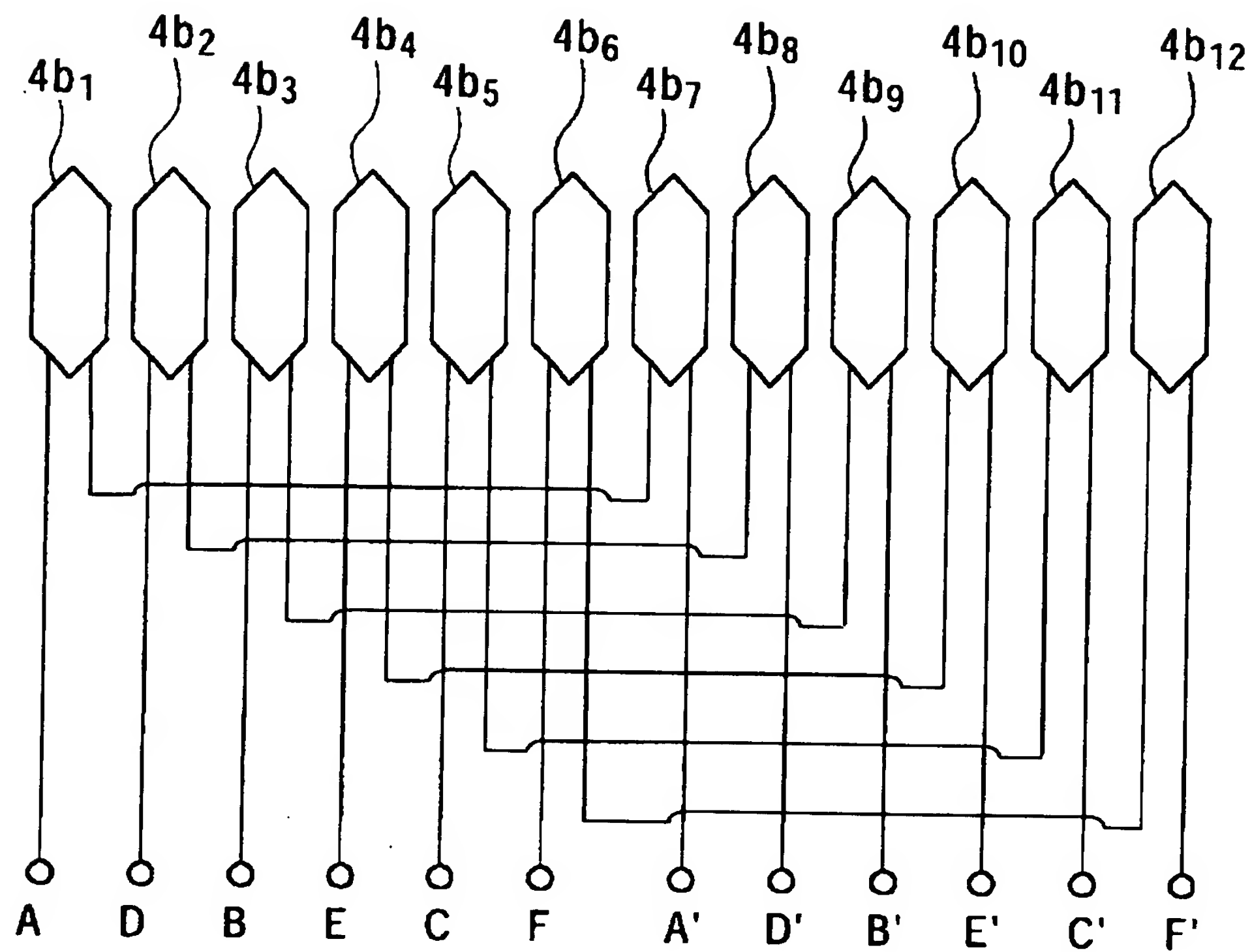


【図 1 8】

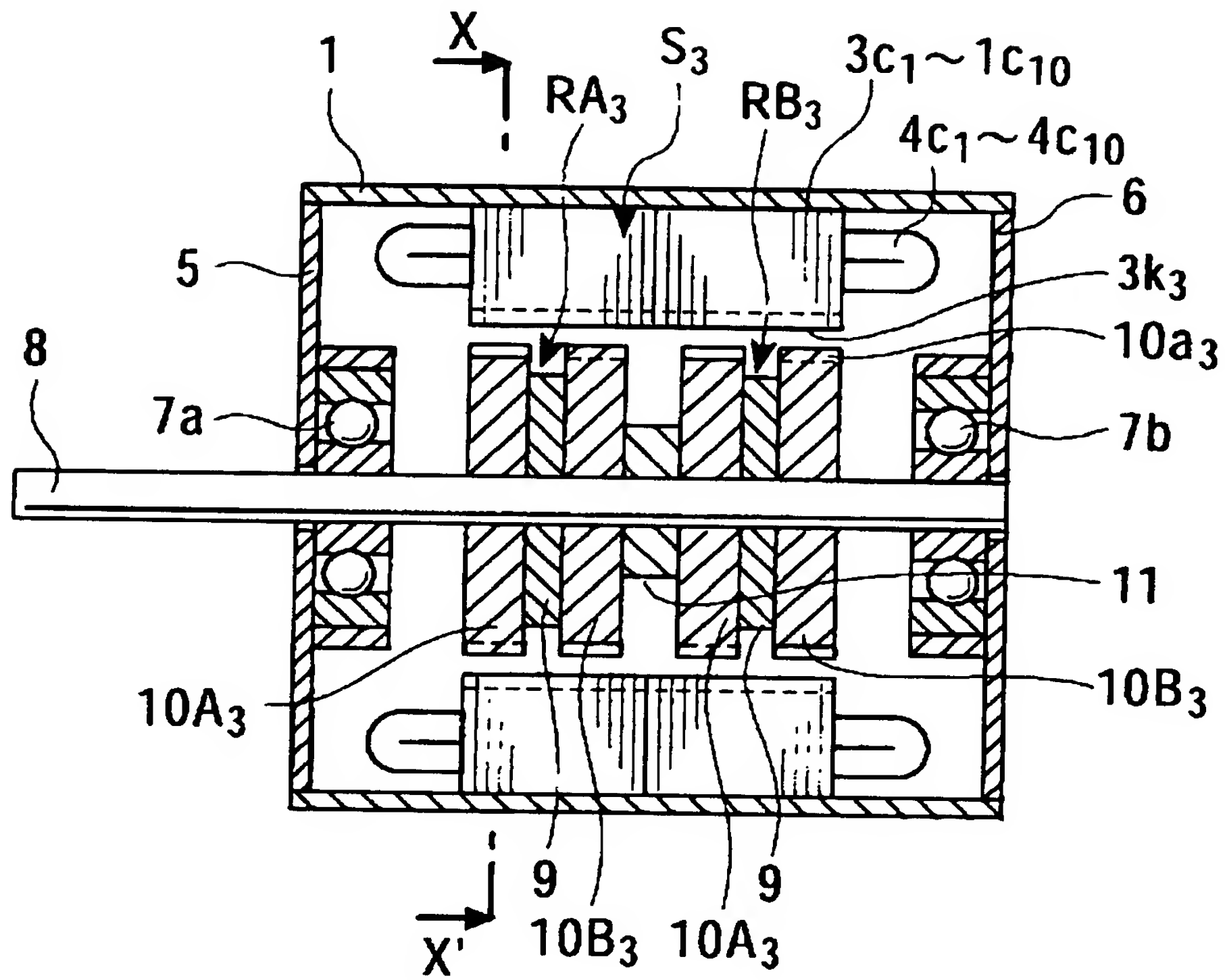
表 2

n	Z=12n+2		Z=12n+4	
	Z	ステップ角 (°)	Z	ステップ角 (°)
1	14	2.142	16	1.875
2	26	1.153	28	1.071
3	38	0.789	40	0.75
4	50	0.6	52	0.576
5	62	0.483	64	0.468
6	72	0.405	76	0.394
7	86	0.348	88	0.341
8	98	0.306	100	0.3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

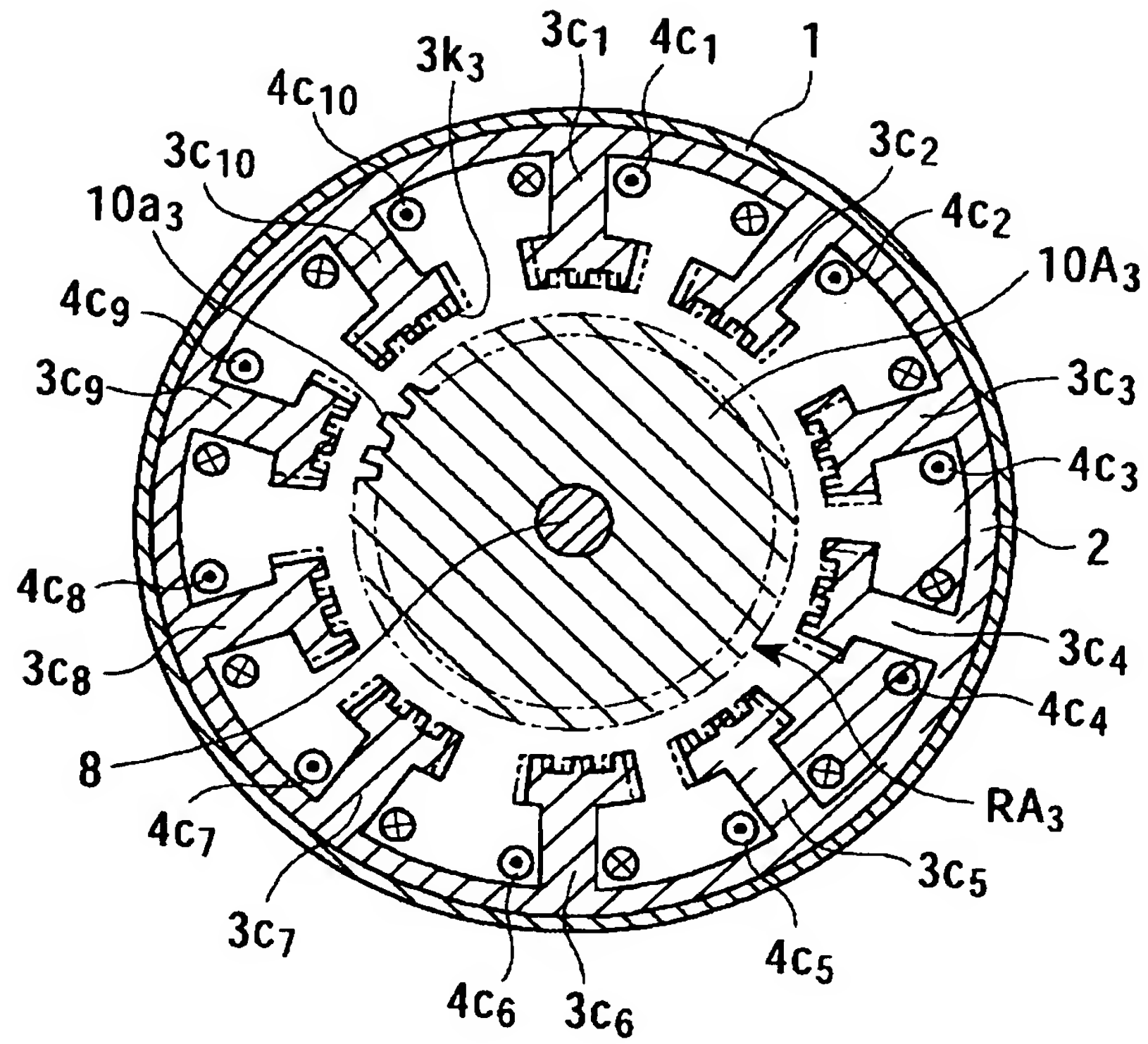
【図 1 9】



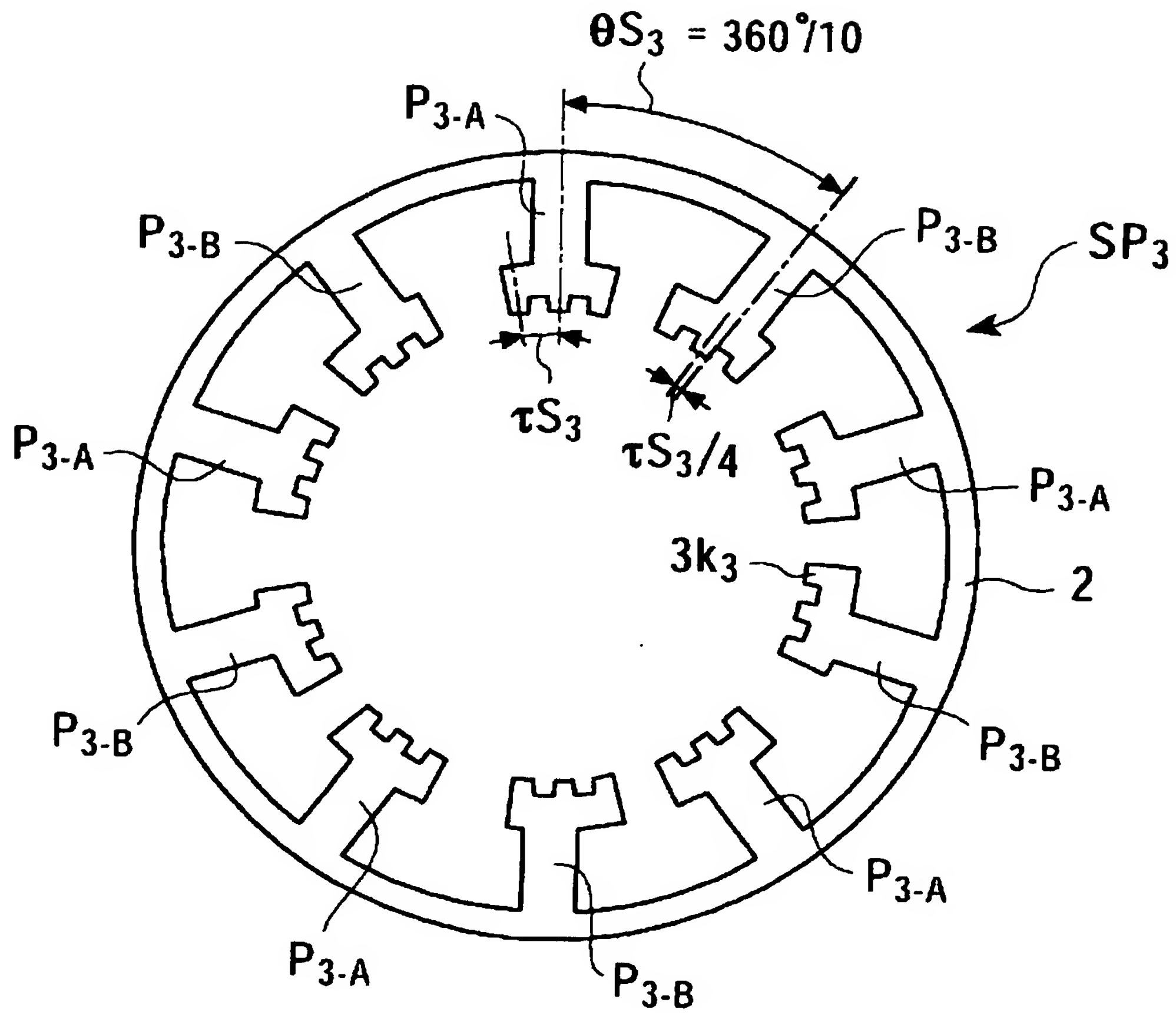
【図 2 0】



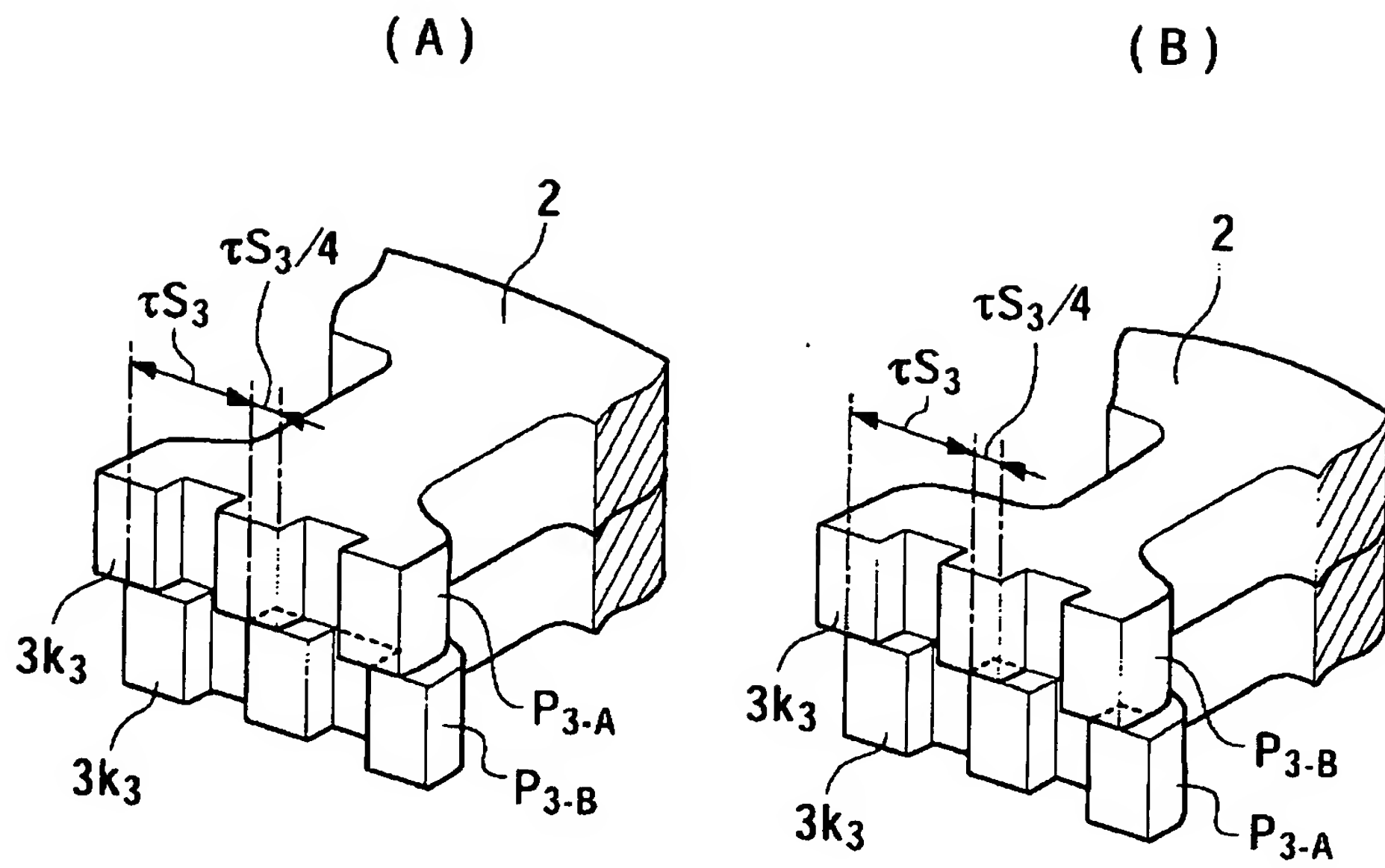
【図 2 1】



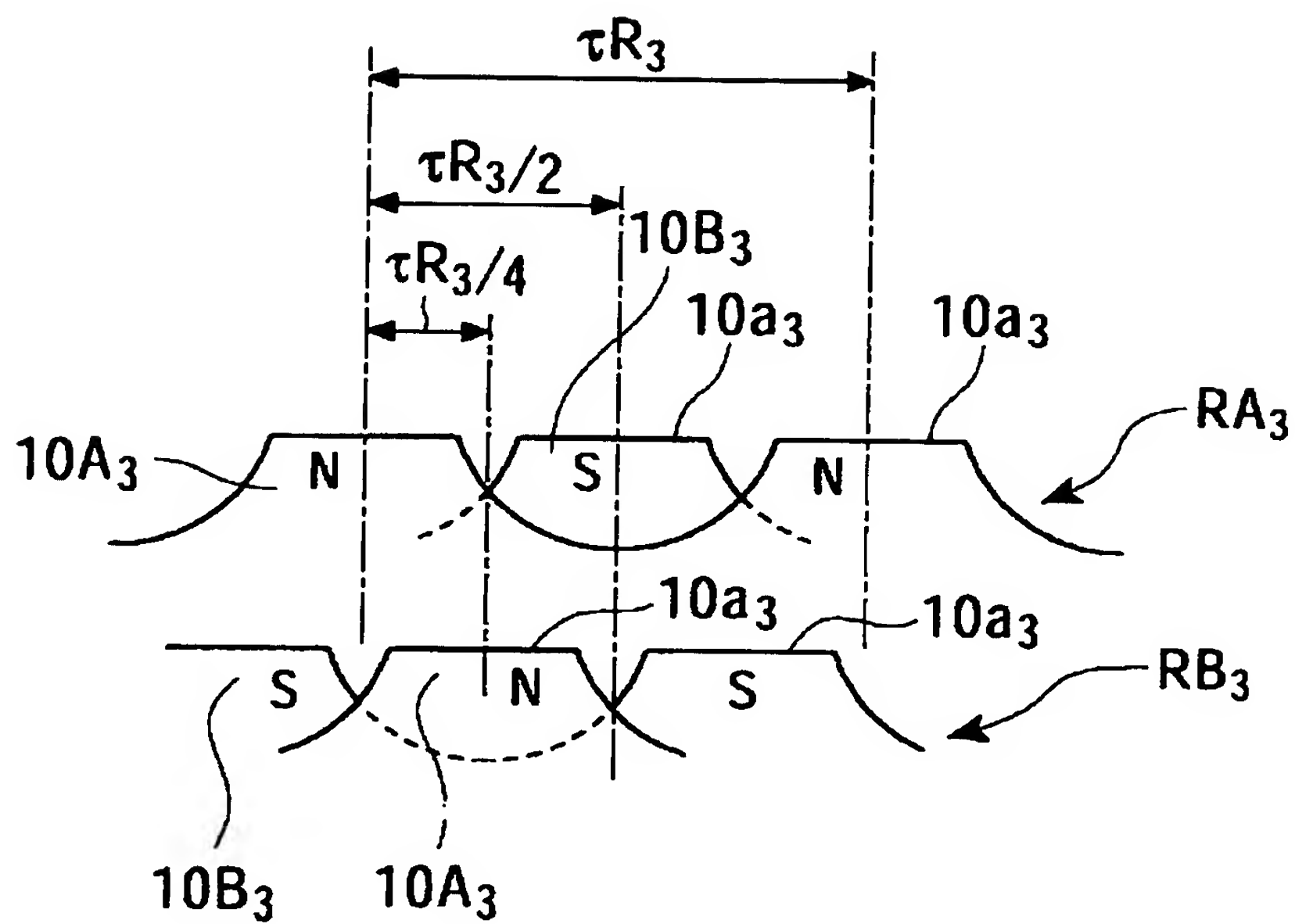
【図 2 2】



【図 2 3】



【 図 2 4 】

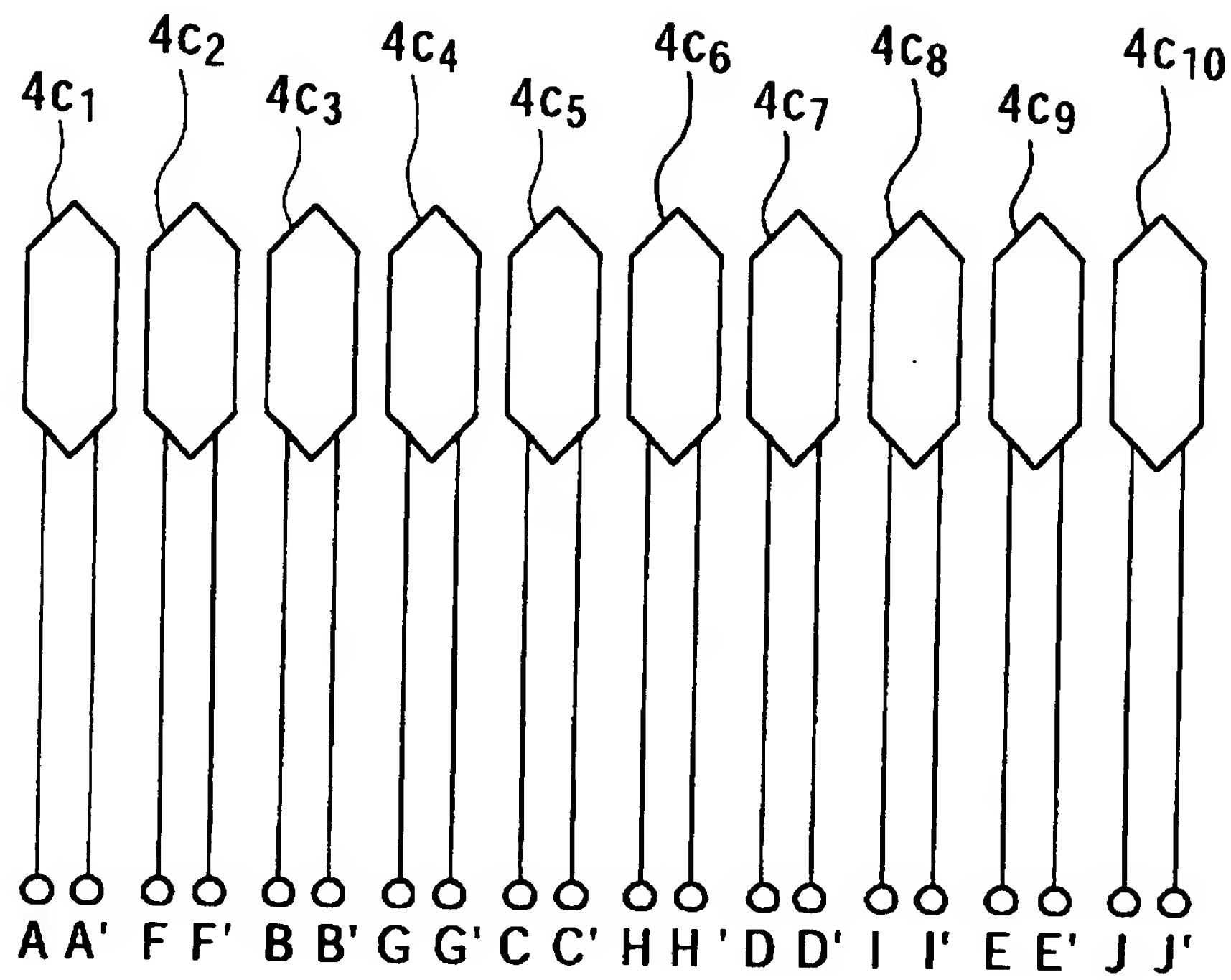


【図 2 5】

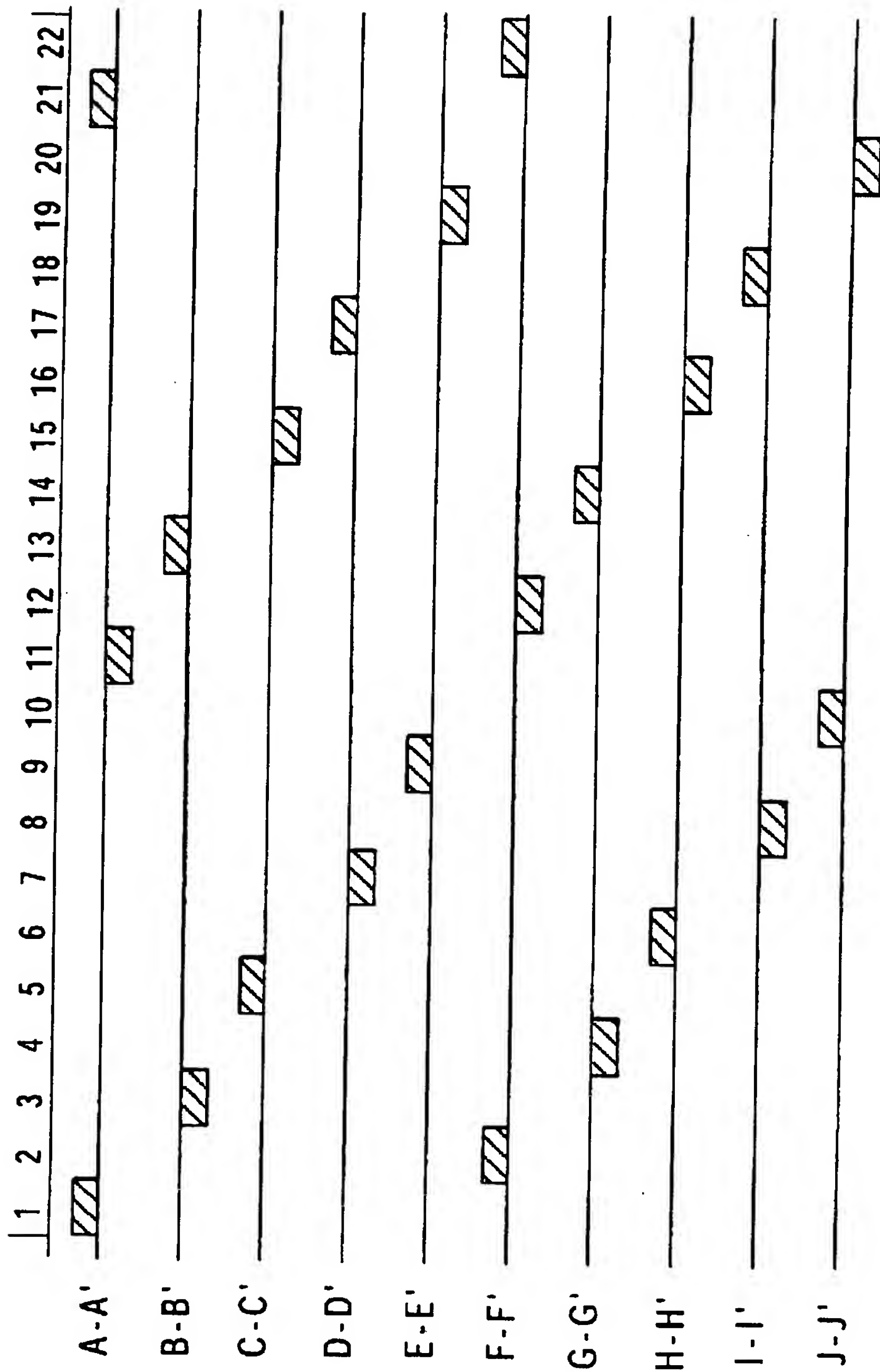
表 3

n	Z=10n+2		Z=10n+3	
	Z	ステップ角 (°)	Z	ステップ角 (°)
1	12	1.5	13	1.384
2	22	0.818	23	0.782
3	32	0.562	33	0.545
4	42	0.428	43	0.418
5	52	0.346	53	0.34
6	62	0.29	63	0.286
7	72	0.25	73	0.247
8	82	0.22	83	0.217
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

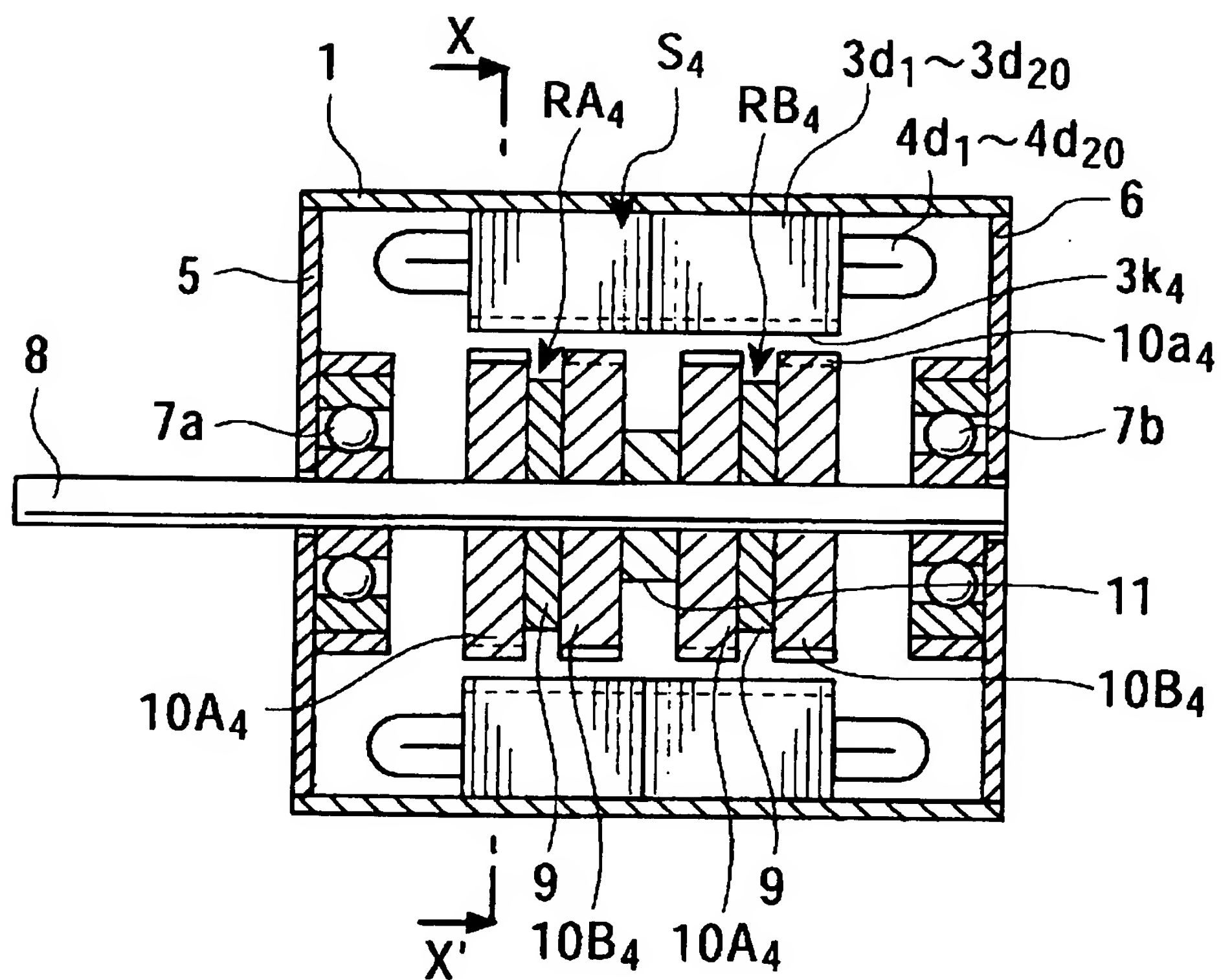
【図 2 6】



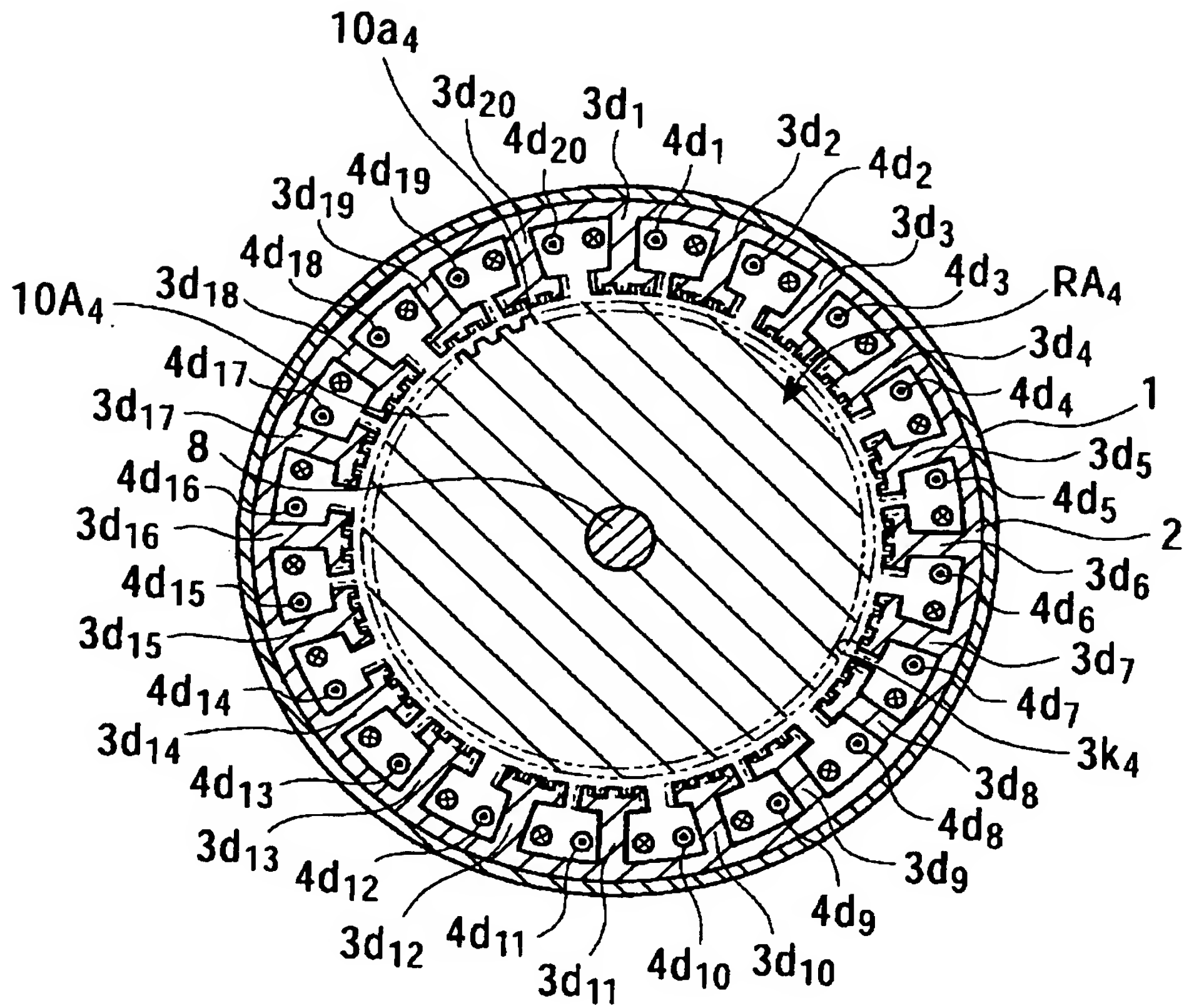
【図 2 7】



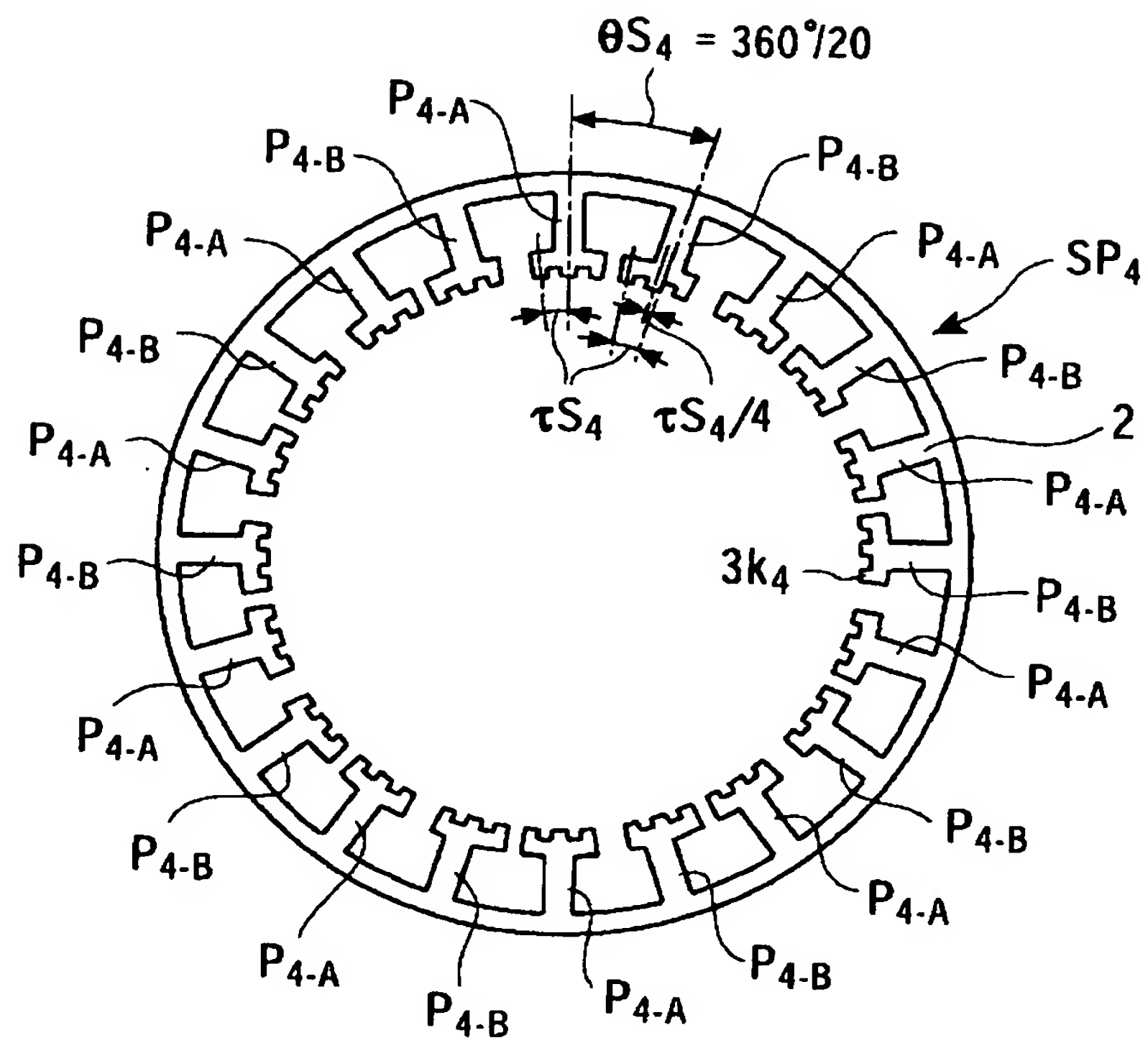
【図 2 8】



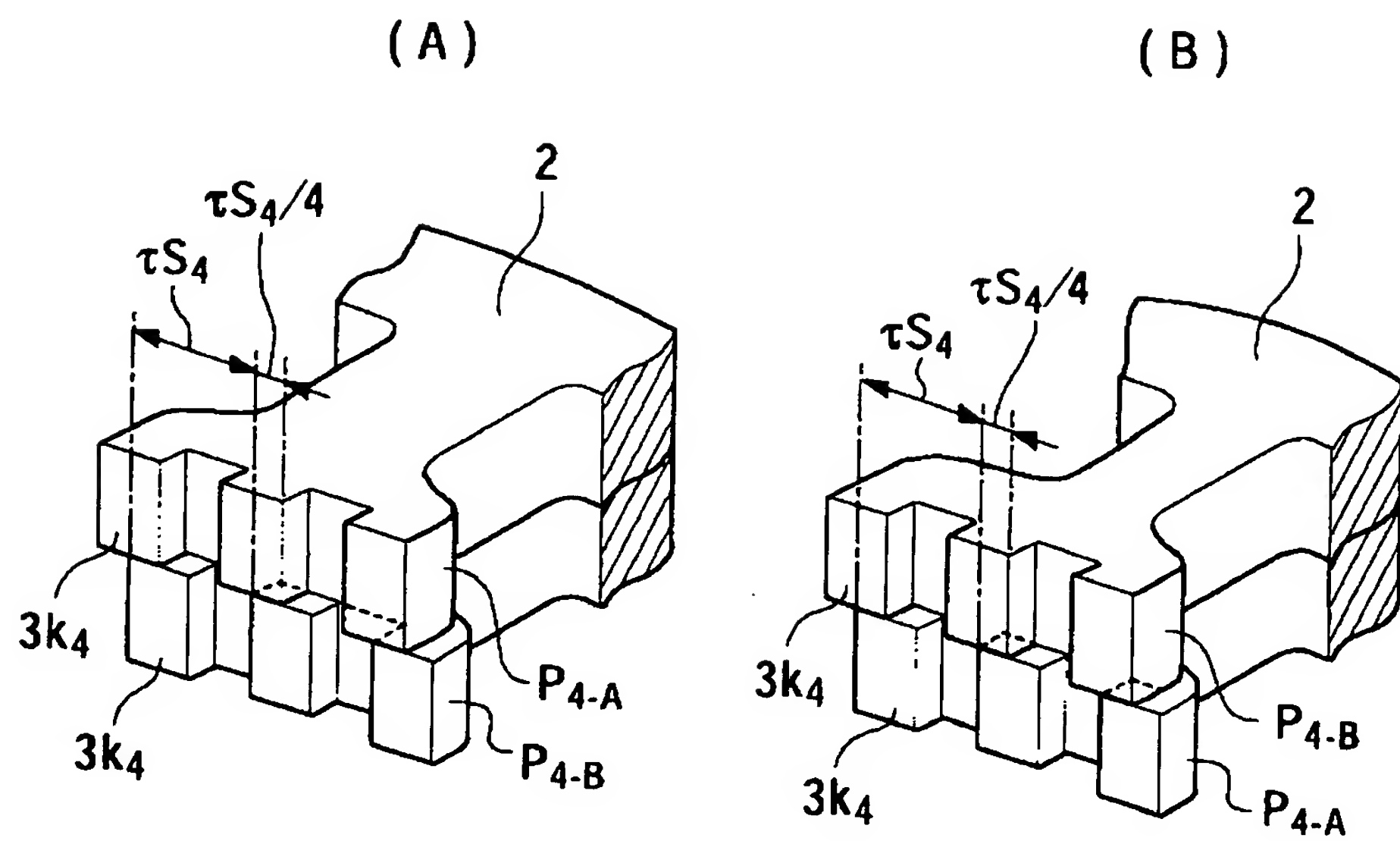
【図 2 9】



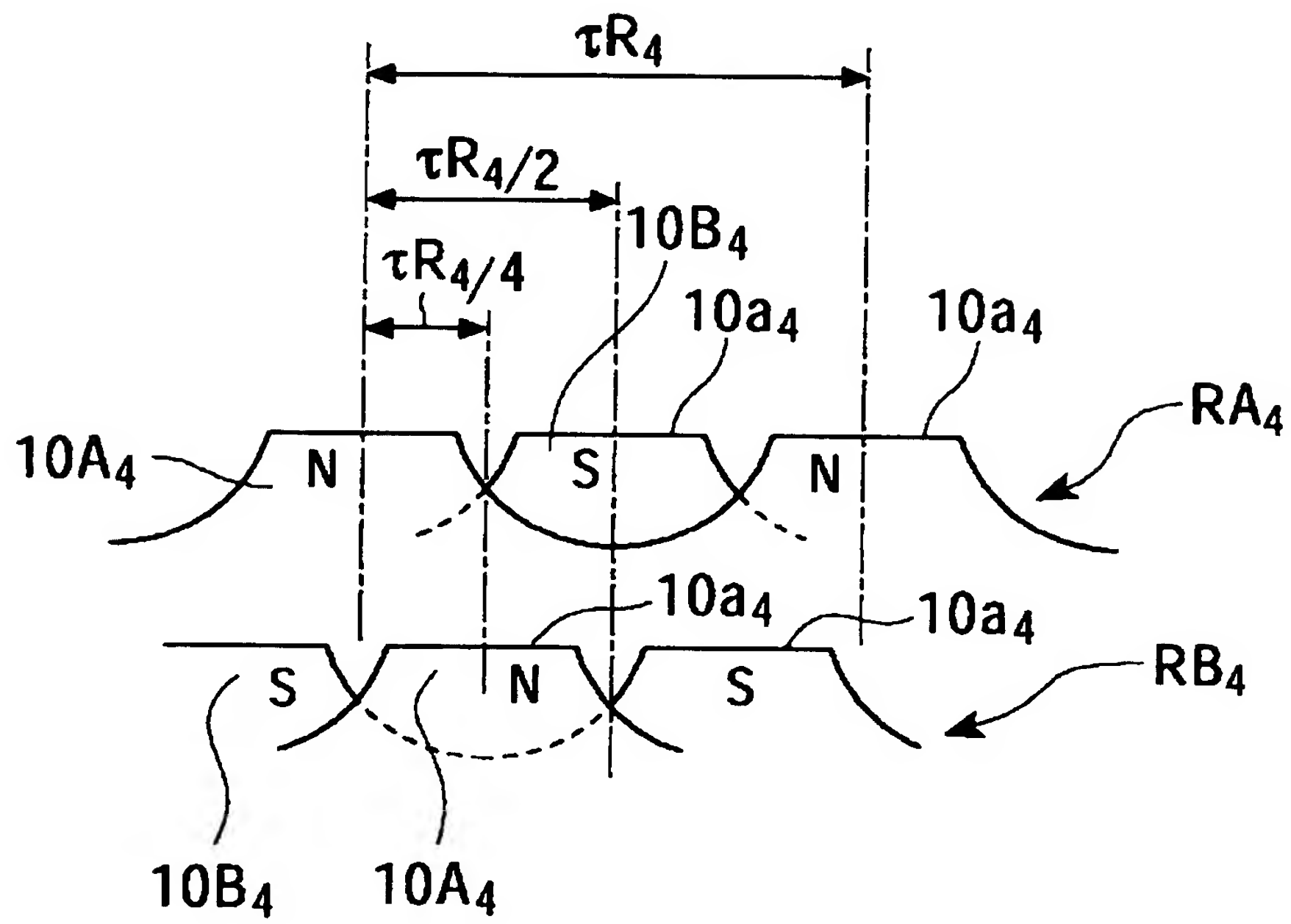
【図 3 0】



【図 3 1】



【図 3 2】

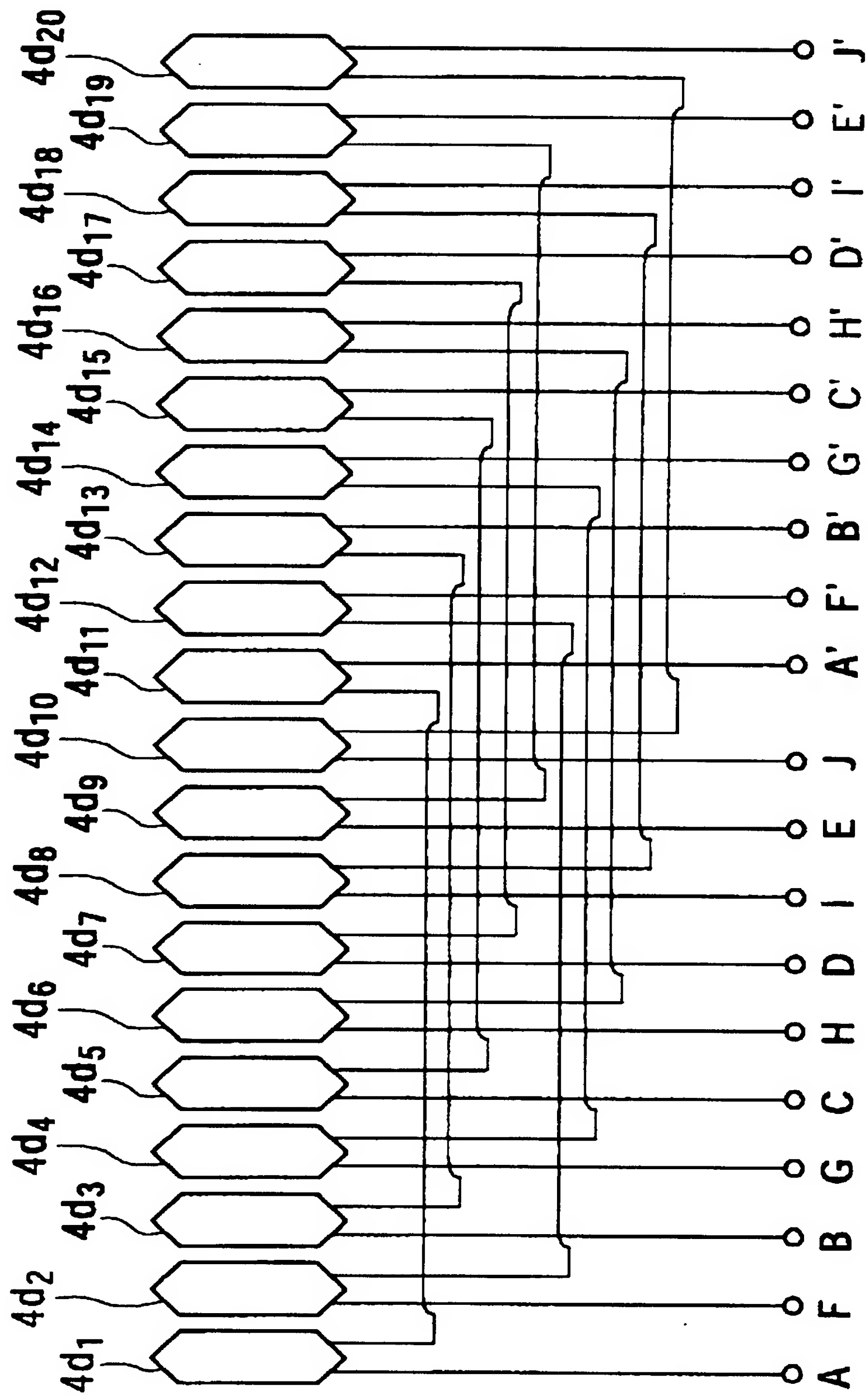


【図 3 3】

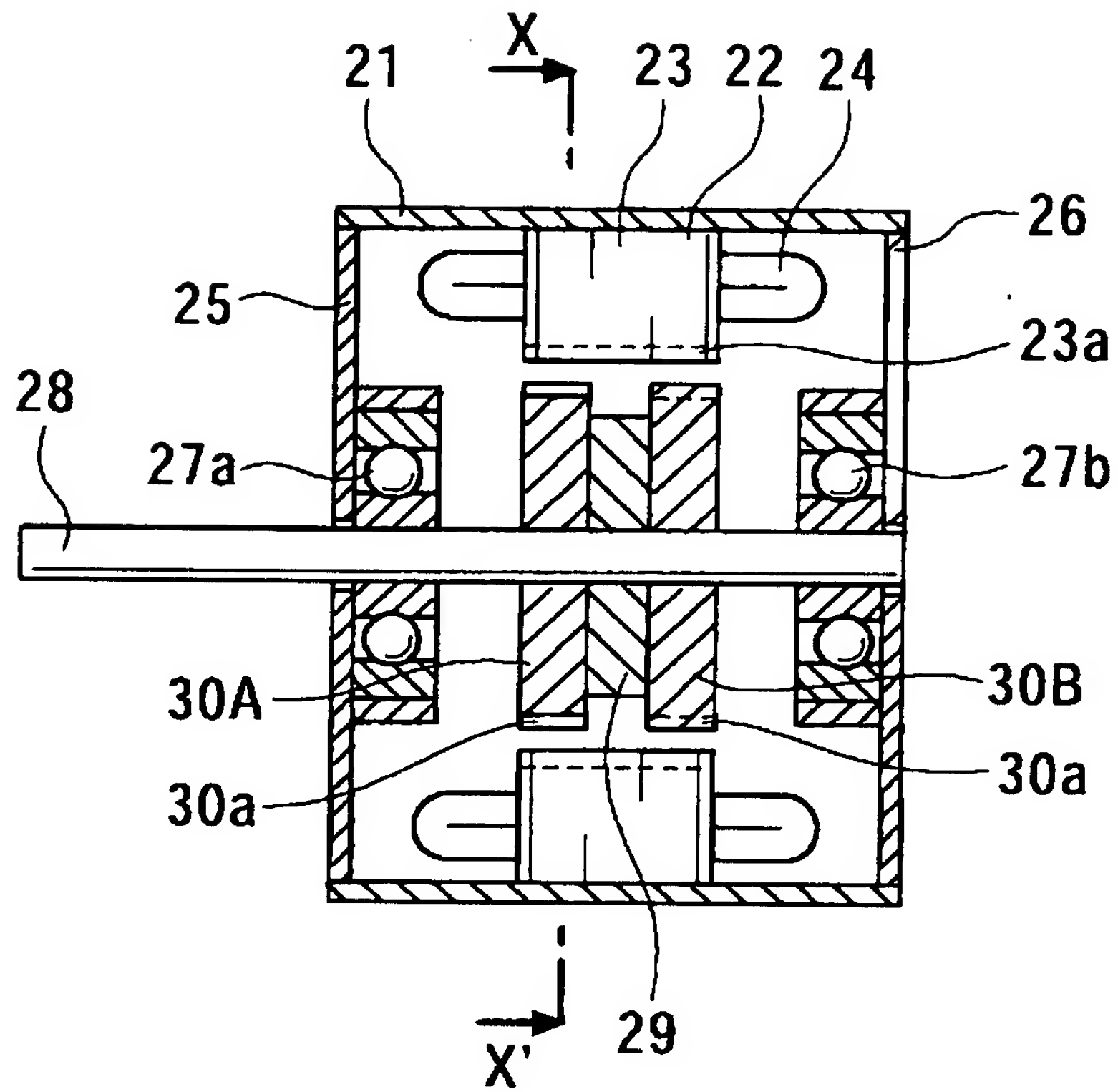
表 4

n	$Z=20n+4$		$Z=20n+6$	
	Z	ステップ角 (°)	Z	ステップ角 (°)
1	24	0.75	26	0.692
2	44	0.409	46	0.391
3	64	0.281	66	0.272
4	84	0.214	86	0.209
5	104	0.173	106	0.169
6	124	0.145	126	0.143
7	144	0.125	146	0.123
8	164	0.109	166	0.108
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

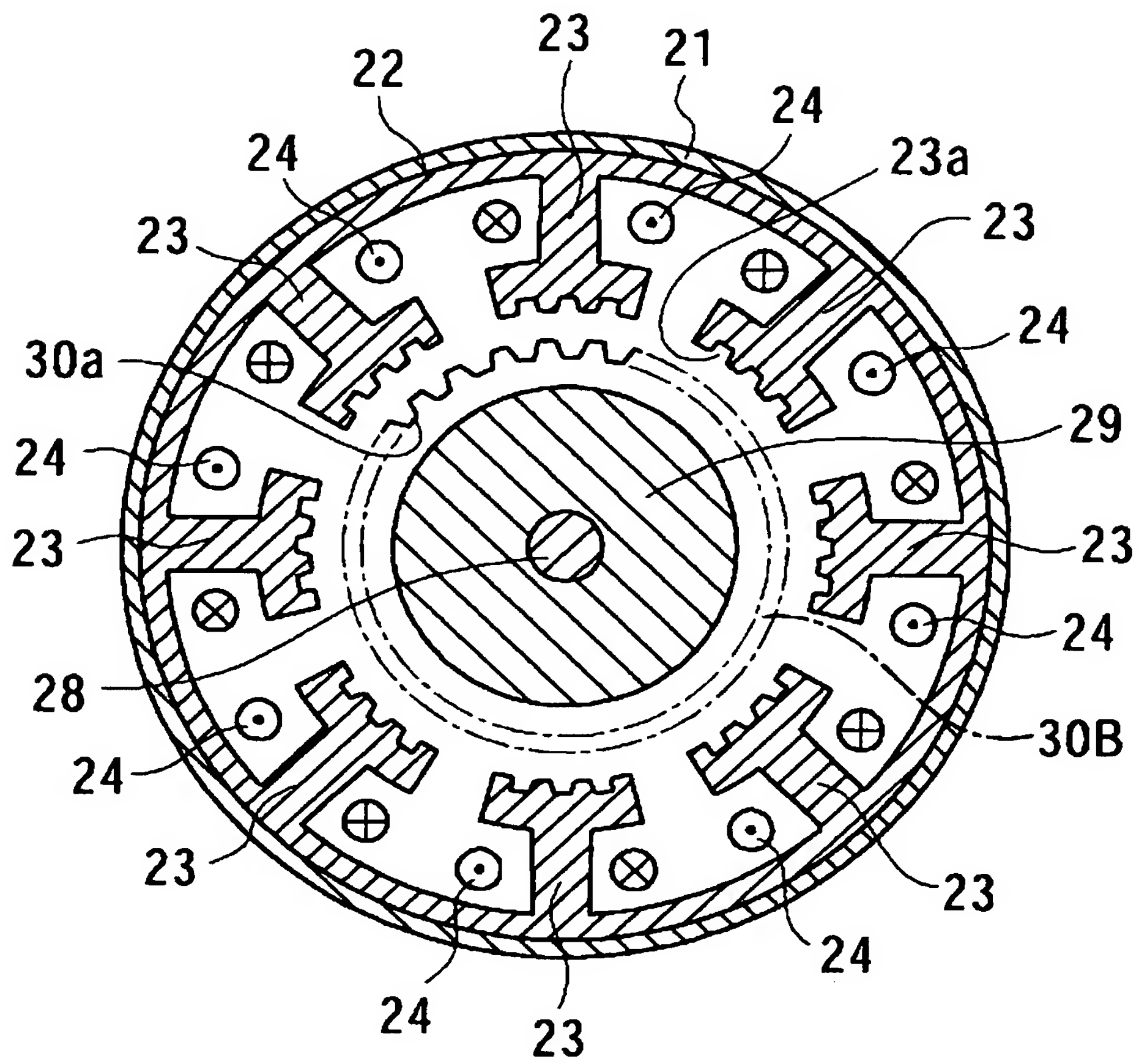
【図 3 4】



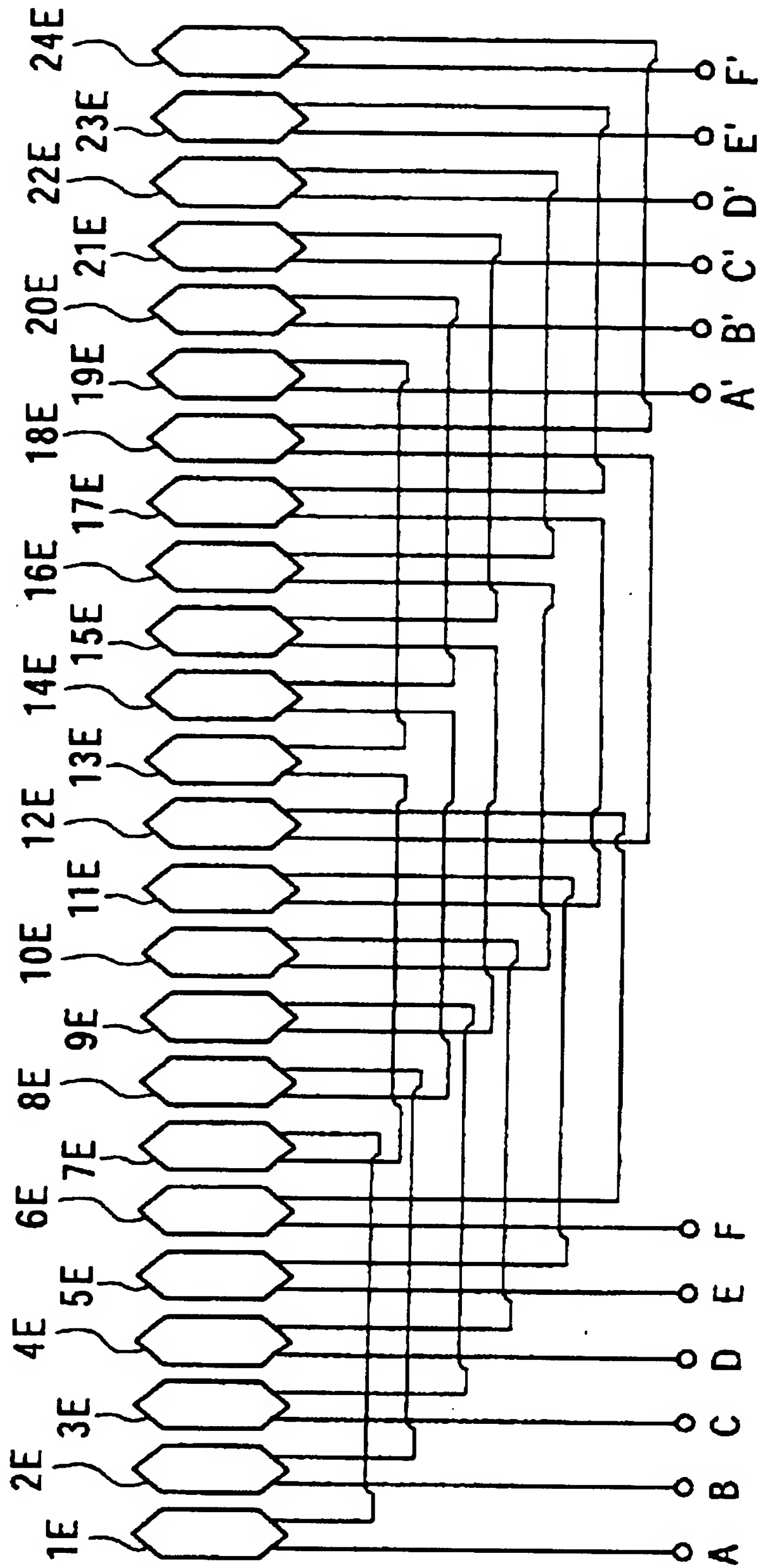
【図 3 5】



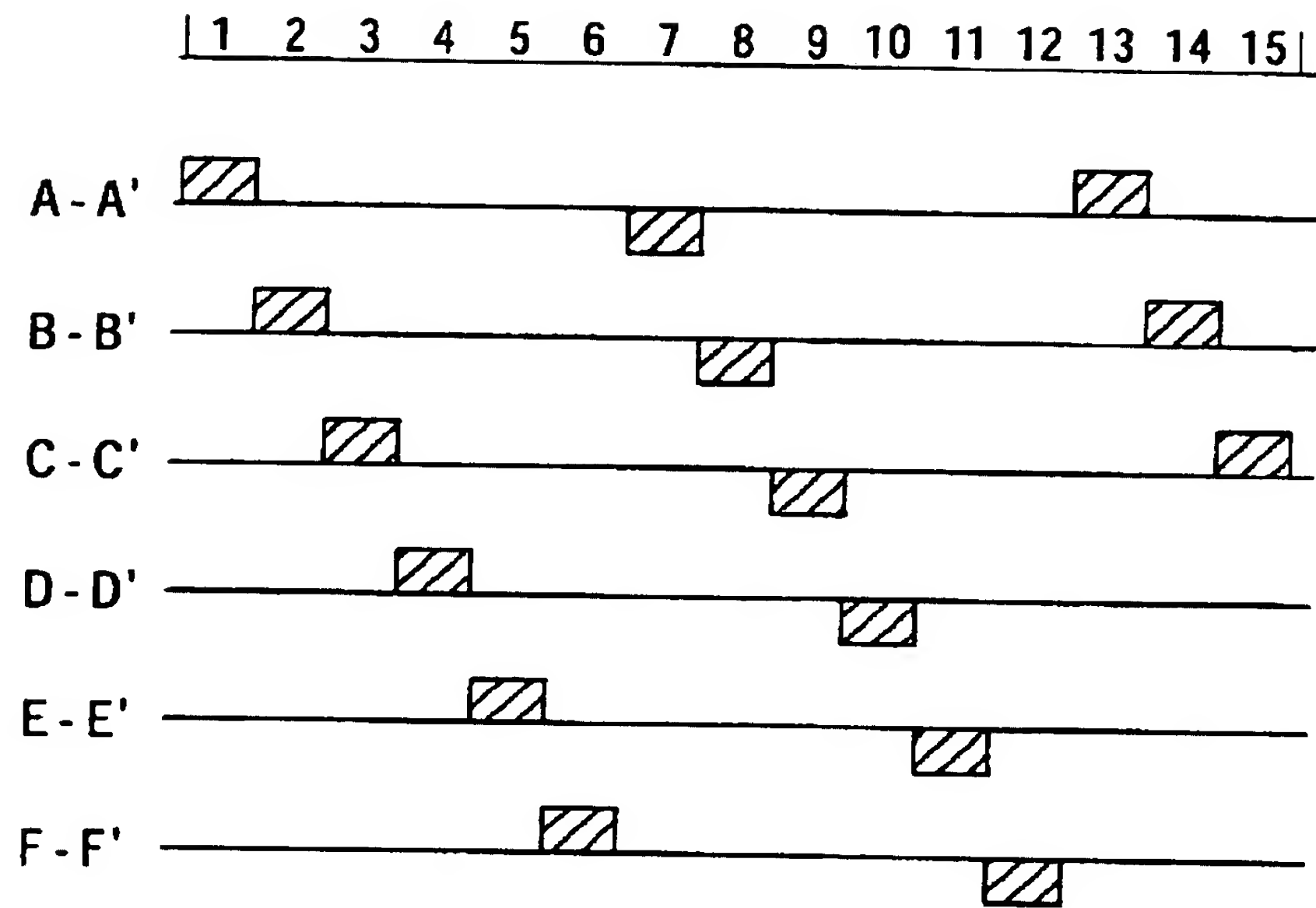
【図 3 6】



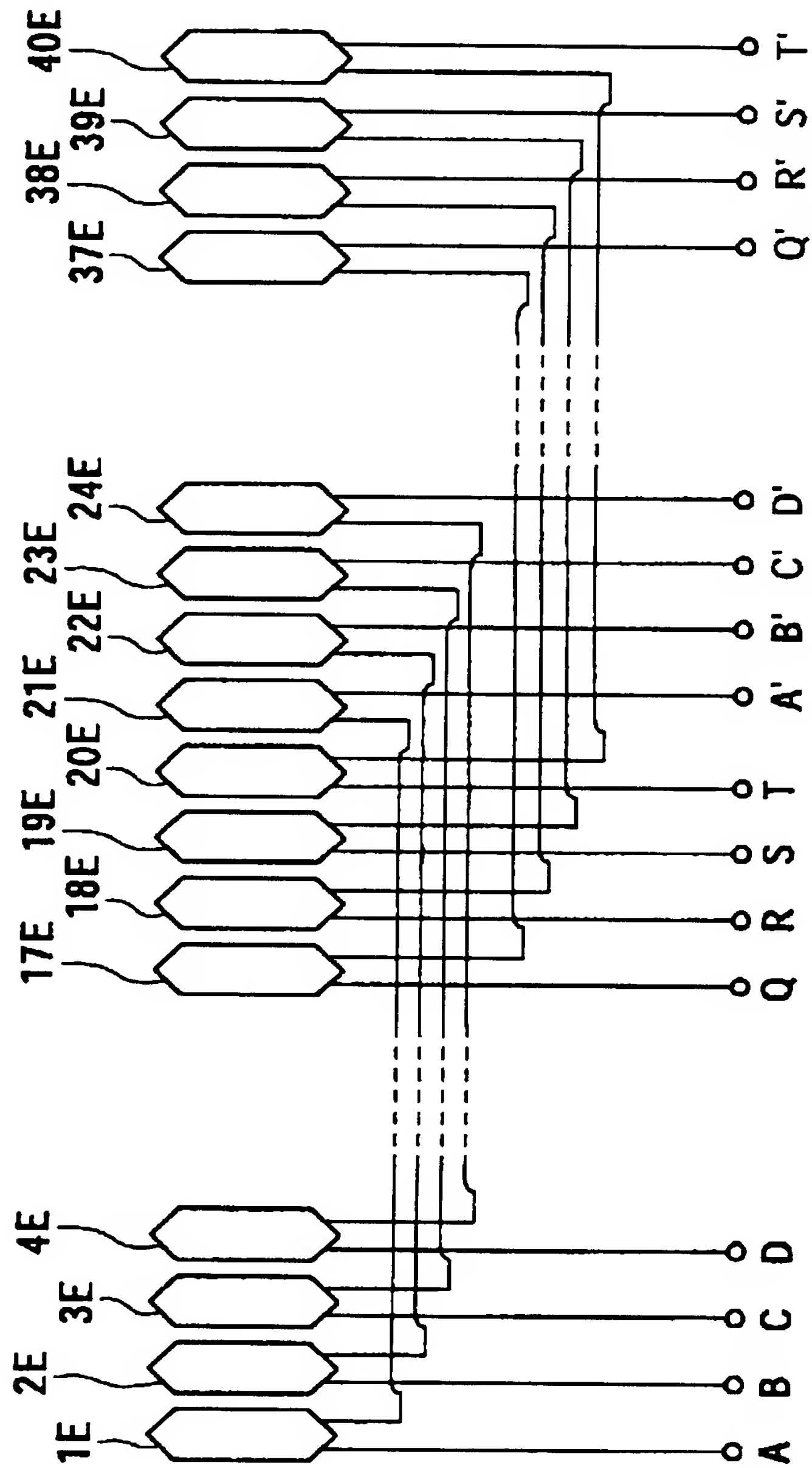
【図 3 7】



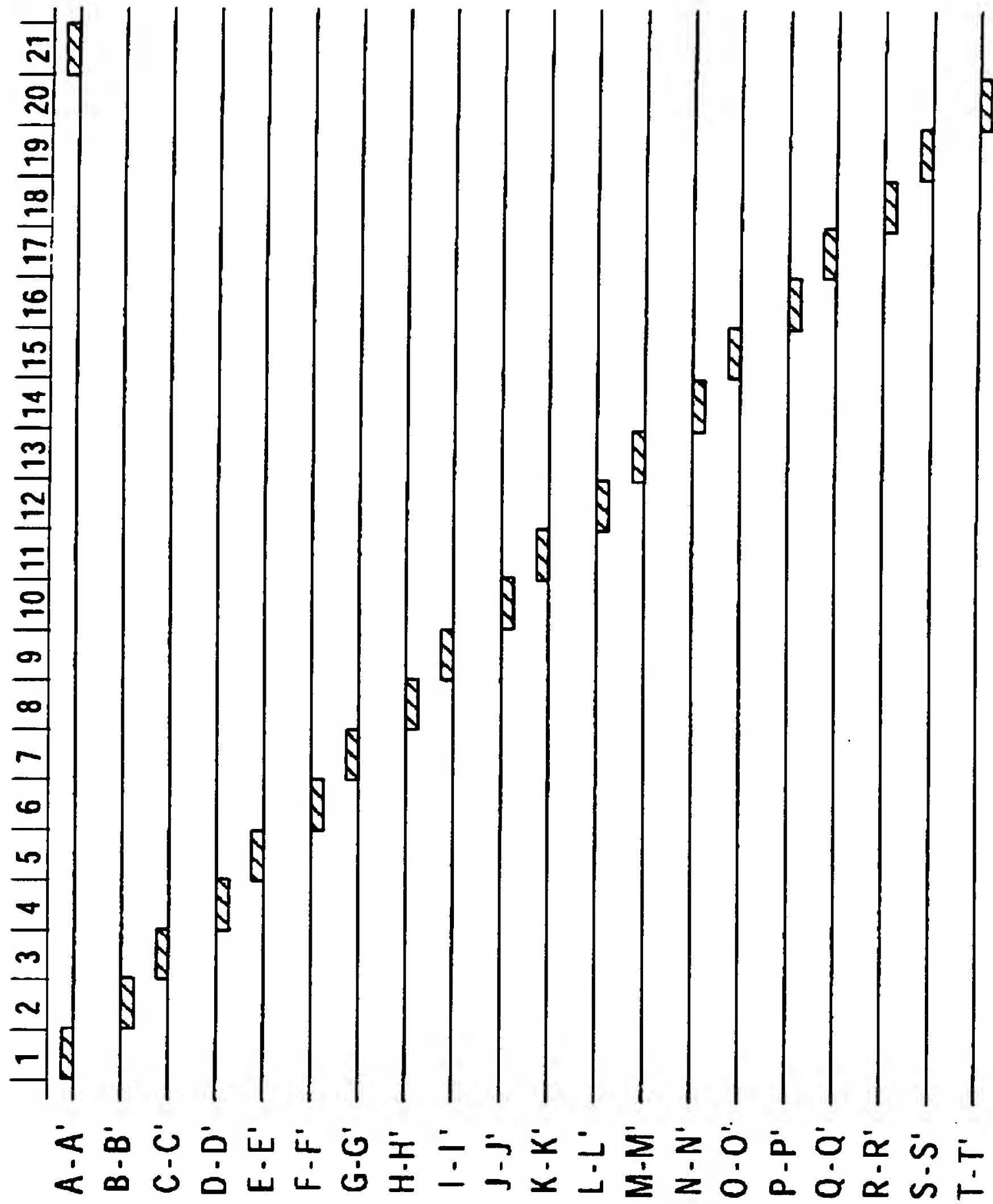
【図 3 8】



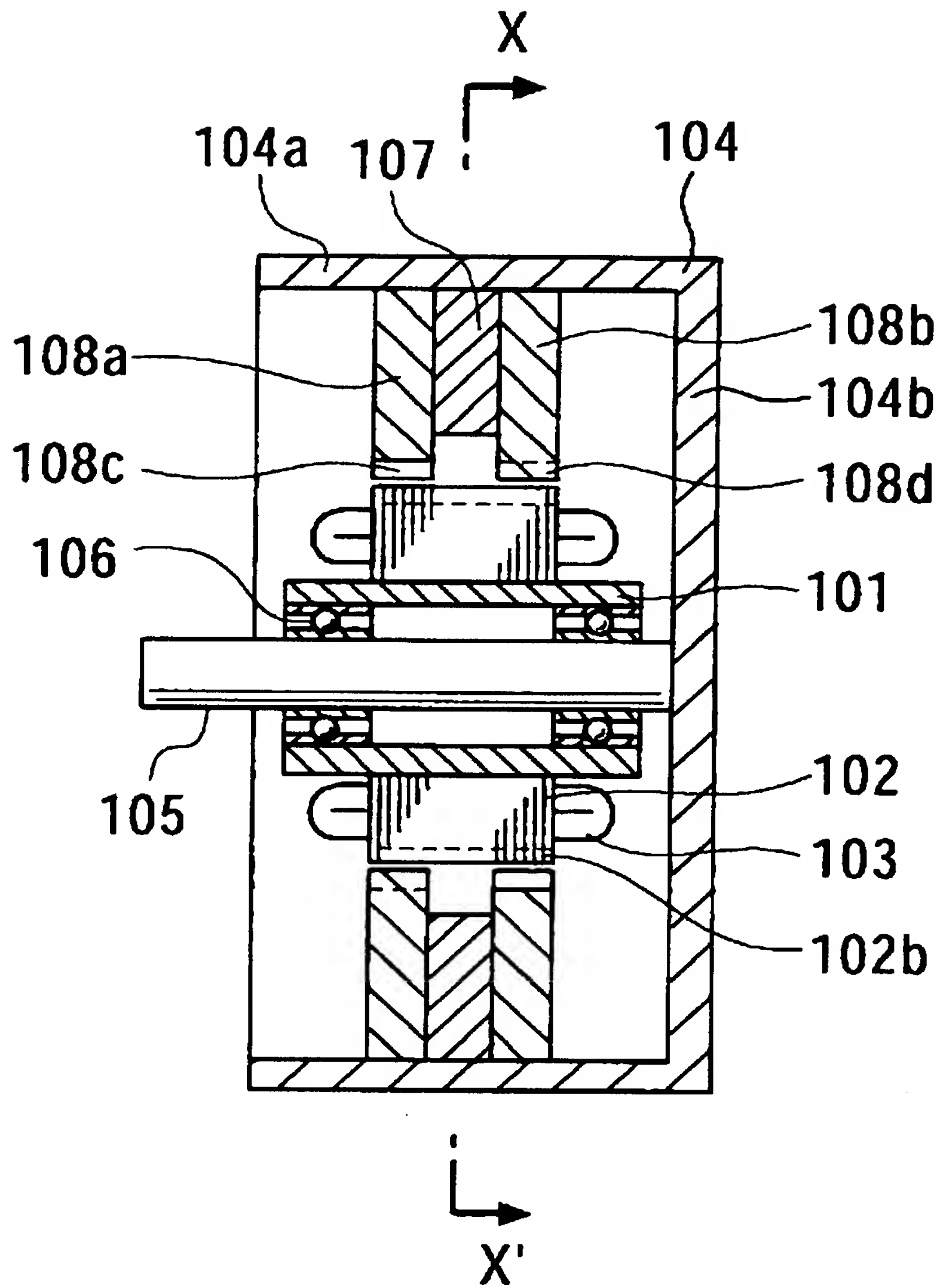
【図 3 9】



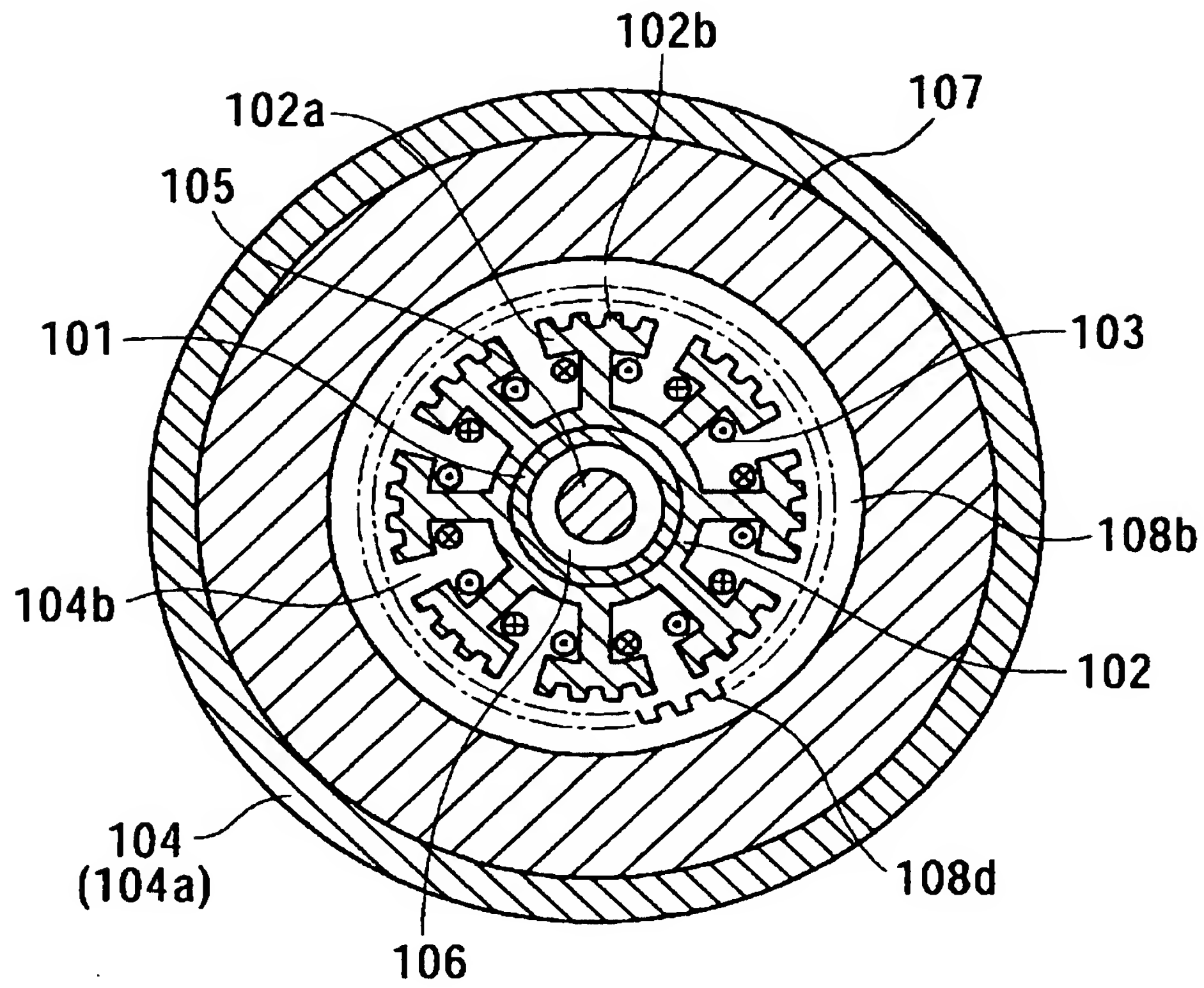
【図 4 0】



【図 4 1】



【図 4 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 磁極数を増大しないで多相化を可能とし、複雑な制御回路を要することなく高分解能で高精度のハイブリッド形ステッピングモータを構成するのに相数及び極数に対する回転子の極歯数との関係が適切に対応しないと所望の能力を発揮できず、不良品の製造の可能性が高く製品の歩留まりの低下を防止する。

【解決手段】 固定子 S_1 の各磁極 $3 a_1$ 乃至 $3 a_6$ は隣接する磁極を交互に、磁極形状に対して線対称の半部と、固定子に形成した極歯の $1/4$ ピッチ一定方向に変位した半部とが交差するように軸方向に配列して構成し、各磁極に形成した極歯に対応する極歯 $10 a_1$ を形成した第 1 の回転子磁極 $10 A_1$ と、永久磁石 9 を介してこの回転子磁極 $10 A_1$ と同一形状に形成した第 2 の回転子磁極 $10 B_1$ を $1/2$ ピッチ変位して固定した第 1 の単位回転子 RA_1 を固定子 S_1 の半分に対応させ、この第 1 の単位回転子 RA_1 と同一形状の第 2 の単位回転子 RB_1 を第 1 の単位回転子 RA_1 と極歯形成ピッチの $1/4$ 変位させて固定子 S_1 の他の半分に対応させてハイブリッド形ステッピングモータを製作するに当り、回転子の極歯数 Z が $6n+1$ 又は $6n+2$ (n は 1 以上の整数) となるように構成した。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 1 - 3 6 9 9 6 8
受付番号	5 0 1 0 1 7 7 9 4 8 3
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0 0 9 1
作成日	平成 1 3 年 1 2 月 7 日

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】

【識別番号】	000228730
【住所又は居所】	東京都千代田区神田美土代町 7
【氏名又は名称】	日本サーボ株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100075797
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋茅場町 3 丁目 1 3 番 3 号 第 2 ヒロタビル 朋和特許・技術事務所

【氏名又は名称】	斎藤 春弥
----------	-------

【選任した代理人】

【識別番号】	100109575
【住所又は居所】	東京都中央区日本橋茅場町 3 丁目 1 3 番 3 号 朋 和特許・技術事務所

【氏名又は名称】	高橋 陽介
----------	-------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 2 2 8 7 3 0]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 1 7 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田美土代町 7

氏 名 日本サーボ株式会社